

**Biotopmanagement in Festungsanlagen – Trittsteine und Habitate für die
Biotopvernetzung**

D i s s e r t a t i o n

zur Erlangung des akademischen Grades

Doctor rerum agriculturalarum (Dr. rer. agr.)

Eingereicht an der
Lebenswissenschaftlichen Fakultät der
Humboldt-Universität zu Berlin

von

M.Sc. agr. Veikko Junghans

Präsidentin der Humboldt-Universität zu Berlin
Prof. Dr.-Ing. Dr. Sabine Kunst

Dekan der Humboldt-Universität zu Berlin
Prof. Dr. habil. Bernhard Grimm

Gutachterin/ Gutachter

1. PD Dr. Frank Riesbeck
2. Prof. Dr. habil. Dagmar Haase
3. apl. Prof. Dr. rer. nat. Monika Wulf

Tag der mündlichen Prüfung: 09. Dezember 2020

TEMPORIS FILIA VERITAS

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Festungstypen in Europa.....	71
Abbildung 2: bekannte Nutzung von unterirdischen Strukturen durch Fledermausarten, Stand 2014, Daten nach EUROBATS (2016)	87
Abbildung 3: Fort Hahneberg, auffälliger abgesperrter Bereich der zerstörten Spitzgrabenwehr, März 2014, © Junghans, 2014.....	101
Abbildung 4: Darstellung der Kartierungsflächen am Standort Fort Hahneberg.....	103
Abbildung 5: Fort Sarbinowo, Blick auf die linke Seite der Frontkaserne, Oktober 2017 © Junghans, 2017.....	120
Abbildung 6: Kartierflächen Fort Sarbinowo dargestellt auf 1m LiDAR basiertem Schummerungsmodell (hillshade) des Forts Sarbinowo (PL) (Główny Urząd Geodezji i Kartografii, 2015).....	121
Abbildung 7: größeres Infanteriefort der Festung Wrocław (Infanterieraum 20), Juli 2014, © Junghans, 2014.....	134
Abbildung 8: Kartierte Forts der Festung Wrocław	135
Abbildung 9: Übersicht über die Festungsanlagen der Stadt Kaunas (ATFORT, 2015c)	141
Abbildung 10: Panorama-Ansicht des Innenbereiches des Marva Forts, August 2018, © Junghans, 2018.....	143
Abbildung 11: Fort IV Kaunas (LT), kartierte Biotopflächen, LiDAR basiertes Schummerungsmodell sowie Flächen des Waldkatasters	144
Abbildung 12: Panorama-Ansicht am östlichen Spitzgraben im Innenbereich des Fort IV, August 2016, © Junghans 2016	145
Abbildung 13: Luftbild des Fort V, zentraler Blick auf den Innenbereich, rechts im Bild Offenland, vermutlich August 2004, © BFR 2007	147
Abbildung 14: Innenbereich des Fort VII, August 2016, © Junghans, 2016	148

Abbildung 15: Fort V Kaunas (LT), kartierte Biotopflächen sowie Flächen mit eingeschränkter forstlicher Nutzung des FFH-Gebietes <i>Kauno marios</i>	149
Abbildung 16: bruchwaldähnlicher Zustand im linken Spitzgraben des Fort V, August 2016, © Junghans, 2016	150
Abbildung 17: südwestliche Bastion der Festung Forte de Nossa Senhora da Luz de Cascais, April 2014, © Junghans, 2014.....	156
Abbildung 18: Wallmauern von Pendennis Castle, Mai 2014, © Junghans 2014	157
Abbildung 19: verfüllter nasser Graben der Festung Peniche, April 2014, © Junghans, 2014	158
Abbildung 20: innere südöstliche Bastion der Festung Fortaleza del Castro, Vigo, Mai 2014, © Junghans, 2014	159
Abbildung 21: Darstellung der Flächenentwicklungen im Innenbereich des Fort Hahnebergs von 1928 bis 2016	162
Abbildung 22: Darstellung der Flächenentwicklungen im Innenbereich sowie im Bereich der Katastergrenze des Fort Hahnebergs von 1928 bis 2016	162
Abbildung 23: Darstellung der Flächenentwicklungen im Pufferbereich 250m um den Innenbereich des Fort Hahnebergs von 1928 bis 2016	163
Abbildung 24: Visualisierung der Ergebnisse der <i>ex-post</i> Bewertung der verschiedenen Klassifizierungsalgorithmen am Standort Hahneberg mittels des Silhouette Indexes für die in Tabelle B-11 beschriebene Ausdehnung (Stichprobenanzahl 5000 pro Cluster)	165
Abbildung 25: Visualisierung der Ergebnisse der <i>ex-post</i> Bewertung der verschiedenen Klassifizierungsalgorithmen am Standort Hahneberg mittels des C_Indexes für die in Tabelle B-11 beschriebene Ausdehnung (Stichprobenanzahl 5000 pro Cluster).....	166
Abbildung 26: grafische Darstellung der Biotopflächenverteilung 2004 und 2018 im Vergleich im Pufferbereich von 1000m um das Fort Sarbinowo nach Auswertungen der historischen Luftbildaufnahmen aus Google Earth	168

Abbildung 27: Visualisierung der Ergebnisse der <i>ex-post</i> Bewertung der verschiedenen Klassifizierungsalgorithmen am Standort Fort Sarbinowo mittels des Silhouette Indexes für die in Tabelle B-11 beschriebene Ausdehnung (Stichprobenanzahl 2000 pro Cluster)	170
Abbildung 28: Visualisierung der Ergebnisse der <i>ex-post</i> Bewertung der verschiedenen Klassifizierungsalgorithmen am Standort Fort Sarbinowo mittels des C_indexes für die in Tabelle B-11 beschriebene Ausdehnung (Stichprobenanzahl 2000 pro Cluster)	171
Abbildung 29: Anzahl der Festungsanlagen (inklusive Bunkeranlagen des 20. Jahrhunderts), geordnet nach Ländern, die an EUROBATS als unterirdische Quartiere für Fledermäuse gemeldet wurden, Stand 2014 (EUROBATS, 2016).....	214

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Florenelemente Europas und Beispiel typischer Arten, nach Dierschke(1994: 584-589).....	36
Tabelle 2: Biotopklassen Berlins, nach Köstler <i>et al.</i> 2004.....	37
Tabelle 3: Schutzgebietskategorien in Deutschland, vergleichbare IUCN Klassen und durchschnittliche Größen in Deutschland, Stand ca. 2017 (BfN, 2012a)	59
Tabelle 4: Betrachtete Festungen/ Festungsteile des mitteleuropäischen Tieflandes.....	88
Tabelle 5: Betrachtete Festungen/ Festungsteile außerhalb des mitteleuropäischen Tieflandes	89
Tabelle 6: Standorte und Untersuchungszeiträume systematisch erfasster Biotope und deren floristischen Arteninventars.....	90
Tabelle 7: Übersicht und Zusammenstellung der weniger intensiv untersuchten Festungsstandorte und Untersuchungszeitpunkte	91
Tabelle 8: Auszugsweise Übersicht verwendeter WMO Stationen berücksichtigter Festungen	92
Tabelle 9: Auflistung der kartierten Rote Liste Arten (Gefäßpflanzen) am Standort Hahneberg 2014/2018.....	115
Tabelle 10: Auswertungen der Ähnlichkeiten zwischen den Relevés (Aufnahmen) zwischen 2006, 2014 und 2018 nach dem TWINSpan Algorithmus in JUICE (Tichý, 2002) (gleiche Farben innerhalb einer Hierarchieebene = kein Unterschied).....	116
Tabelle 11: Zusammenfassung der Indexanalysen der <i>k-means</i> Clusterung mittels der „all“ Option der clusterCrit Bibliothek in R x64 3.3.3 für den Standort Fort Hahneberg (Ausdehnung nach Tabelle B-11).....	166
Tabelle 12: Zusammenfassung der Indexanalysen der <i>k-means</i> Clusterung mittels der „all“ Option der clusterCrit Bibliothek in R x64 3.3.3 für den Standort Fort Sarbinowo (Ausdehnung nach Tabelle B-11).....	172

Tabelle 13: Zusammenfassung der Indexanalysen der <i>k-means</i> Clusterung mittels der „all“ Option der clusterCrit Bibliothek in R x64 3.3.3 für den Standort Fort IV Kaunas (LT) (Ausdehnung nach Tabelle B-11).....	177
Tabelle 14: Zusammenfassung der Indexanalysen der <i>k-means</i> Clusterung mittels der „all“ Option der clusterCrit Bibliothek in R x64 3.3.3 für den Standort Fort V Kaunas (LT) (Ausdehnung nach Tabelle B-11).....	178
Tabelle 15: Übersicht der Rechenzeiten für die Satellitendatenanalysen am Standort Fort V Kaunas (LT) bei unterschiedlichen Umgebungsvariablen	179
Tabelle 16: Übersicht über Zielartenvorkommen des Berliner Biotopverbundsystems am Standort Fort Hahneberg (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen, 2011)	181
Tabelle 17: Übersicht der FFH Lebensraumtypen (LRT) im NATURA2000 Gebiet <i>Grady w Dolinie Odry</i> (nach Fundacja EkoRozwoju, 2009).....	183
Tabelle 18: Übersicht ausgewählter Arten des SPA Gebietes <i>Grady Odrzańskie</i> nach sowie deren Schutzstatus (<i>Fundacja EkoRozwoju, 2008</i>) auf Basis der IUCN Steckbriefe (IUCN, 2019) und der Roten Liste Polens (Głowaciński, 2002) (Die polnische Gefährdungseinstufung ist äquivalent zur IUCN Kategorisierung)	184
Tabelle 19: FFH Lebensraumtypen (LRT) des FFH Gebietes <i>Kauno marios</i> (LTKAU0007) (Lietuvos ornitologų draugija und UAB TVS Projektai, 2018).....	186
Tabelle 20: Liste der relevanten Arten der FFH und Vogelschutzrichtlinie im terrestrischen Bereich von Kaunas mit Verknüpfungen zu bekannten Lebensräumen in den Forts (Lietuvos ornitologų draugija und UAB TVS Projektai, 2018) auf Basis der FFH Richtlinie (Das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union, 10.6.2013) und IUCN Steckbriefen (IUCN, 2019) und der Roten Liste Litauens (Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija, 2019)	187
Tabelle 21: Beobachtete abiotische Bedingungen in Winterquartieren selektierte Fledermausarten, nach Niethammer und Krapp (2011)	215

Tabelle 22: Übersicht des Anteils von Fledermausquartieren in Festungen sowie allen anderen unterirdischen Quartieren für eine Auswahl von Ländern Europas, Stand 2014 (Datenbasis: EUROBATS, 2016).....	216
--	-----

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
AdV	Anmerkung des Verfassers
ASG	Arbeits- und Schutzgemeinschaft Fort Hahneberg e.V.
BauGB	Baugesetzbuch
BArtSchV	Bundesartenschutzverordnung
BfN	Bundesamt für Naturschutz
BFR	Baltic Fort Route
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz der Bundesrepublik Deutschland
BP	before present
CES	cultural ecosystem services
CITES	Convention on the International Trade of Endangered Species of Wild Fauna and Flora, Washingtoner Artenschutzabkommen vom 03.03.1973
DDT	Dichlordiphenyltrichlorethan
DEM	digital elevation model (Digitales Höhenmodell)
DHM	Digitales Höhenmodell
DWD	Deutscher Wetterdienst
EFRE	Europäischer Fond für Regionale Entwicklung
EP	Europäisches Parlament
ESS	ecosystem service
EU	Europäische Union
EUGH	Europäischer Gerichtshof
EWG	Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft
FFH-RL	Flora Fauna Habitat Richtlinie, bezogen auf Richtlinie 92/43/EWG des Rates der EWG vom 21. Mai 1992
GG	Grundgesetz der Bundesrepublik Deutschland
HDI	human development index
HPNV	heutige potentielle natürliche Vegetation
IUCN	International Union for Conservation of Nature
k.u.k.	Kaiserliche und königliche Monarchie Österreich-Ungarn
LiDAR	Light Detection And Ranging
LRT	Lebensraumtypen auf Basis des Anhang I der FFH-RL
LSG	Landschaftsschutzgebiet
NE	Novel Ecosystem
NSG	Naturschutzgebiet
ONB	Obere Naturschutzbehörde

p. a.	per annum
PEBLDS	Pan-European Biological and Landscape Diversity Strategy
PNV	potential natural vegetation
ROG	Raumordnungsgesetz der Bundesrepublik Deutschland
S2A	Sentinel 2A
S2B	Sentinel 2B
SPA	Special Protection Area (Schutzgebiet nach EU Vogelschutzrichtlinie 2009/147/EC)
SUP	strategische Umweltprüfung
Tab.	Tabelle
UAV	unmanned aerial vehicles
UG	Untersuchungsgebiet
UNB	Untere Naturschutzbehörde
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
UVP-G	Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz der Bundesrepublik Deutschland
UVP-RL	Richtlinie zur Umweltverträglichkeitsprüfung, bezogen auf Richtlinie 85/337/EWG des Rates der EWG vom 27. Juni 1985
VSRL	EU Vogelschutzrichtlinie 2009/147/EC
WFS	Web Feature Service
WMO	World Meteorological Organisation
WMS	Web Map Service
WMTS	Web Map Tile Service
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	III
Tabellenverzeichnis.....	VI
Abkürzungsverzeichnis.....	IX
Inhaltsverzeichnis.....	XI
Abstrakt.....	1
Abstract.....	2
1. Einleitung	3
2. Literatur und theoretische Grundlagen	11
2.1 Landschaft in Mitteleuropa.....	11
2.1.1 Physiographie und Klima.....	11
2.1.2 Definitionen von Landschaft.....	14
2.1.2.1 Landschaft und Kulturlandschaft in Europa.....	15
2.1.3 Landschaftswandel.....	17
2.1.3.1 Holozäne <i>baseline</i>	17
2.1.3.2 Entwicklungen der letzten zwei Jahrhunderte	19
2.1.3.3 Wandel der Landschaftsbilder und Landschaftswahrnehmung in Deutschland	21
2.1.4 Europäische Landschafts- und Naturwahrnehmung im Vergleich	25
2.2 Ökosystemtypen und natürliche Lebensgemeinschaften Mitteleuropas	27
2.2.1 Klassifizierungsansätze und –systematiken	27
2.2.1.1 Biogeographische, geobotanische und pflanzensoziologische Grundlagen	27
2.2.1.2 Das Landschaftsökosystem und seine Elemente	30
2.2.1.3 Pflanzensoziologische Klassifizierungen und Methodiken.....	33
2.2.1.4 Biotoptypenklassifizierung.....	37
2.3 Biodiversität – Grundlagen und Konzepte	38
2.3.1 Definition und Ebenen von Biodiversität	38
2.3.2 Rolle der Biotopvernetzung für die Erhaltung der Biodiversität	39
2.3.3 Messbarkeit, Typen und statistische Beschreibung der (Bio-)Diversität.....	41
2.4 Elemente und Grundlagen der Raumplanung und Landesentwicklung	42
2.4.1 Aufgaben und Zielsetzungen	42
2.4.2 Rechtsrahmen von Schutzgütern in der EU und in Deutschland	43
2.4.2.1 Umweltschutz	43

2.4.2.2	Naturschutz	43
2.4.2.3	Landschaftsschutz.....	45
2.4.2.4	Biotopschutz	45
2.4.2.5	Artenschutz.....	46
2.4.2.6	Kulturgüterschutz	48
2.4.2.7	Denkmalschutz	48
2.4.2.8	UNESCO-Welterbekonvention	49
2.4.3	Werkzeuge der Raumordnung und Raumplanung in der EU und Deutschland ..	49
2.4.3.1	SUP – Strategische Umweltprüfung.....	49
2.4.3.2	UVP – Umweltverträglichkeitsprüfung.....	50
2.4.3.3	Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie (FFH-RL) und Vogelschutz-Richtlinie...	51
2.5	Umwelt-, Natur-, Biotop und Artenschutz	53
2.5.1	Ursachen und Trends	53
2.5.2	Urbane Artenvielfalt in Mitteleuropa.....	56
2.5.3	Novel Ecosystems	57
2.5.4	Schutzgebiete und deren Aufgaben im Naturraum	58
2.5.5	Biotopverbund/ Biotopvernetzung.....	59
2.5.5.1	Zielsetzungen.....	59
2.5.5.2	PEEN und <i>green infrastructure</i>	61
2.6	Biotopmanagement in Festungsanlagen	62
2.6.1	Zielsetzungen	62
2.6.2	Ansätze und Methoden	63
2.6.3	Management von Novel Ecosystems in Festungsanlagen	63
2.7	Festungsanlagen	65
2.7.1	Allgemeine Definitionen.....	65
2.7.2	Typologie und geographische Verbreitung.....	67
2.7.3	Baumaterialien	72
2.7.4	historische Pflege und Bepflanzungen von Festungsanlagen	74
2.7.5	Aktuelle Trends in Europa	75
2.8	Umweltleistungen und Umweltdienstleistungen	77
2.8.1	Definitionen	77
2.8.2	Kritik und Erweiterungen	79
2.8.3	Intangibles – Kritiken und Ansätze der Bewertung.....	80
2.9	Fernerkundung - Aufgaben, Methoden und Möglichkeiten	82

2.10 Fledermäuse.....	83
3. Material und Methoden	88
3.1 Definition und Auswahl des Untersuchungsraumes.....	88
3.2 Definition und Auswahl der Untersuchungsobjekte.....	88
3.3 Untersuchungsmethodik	89
3.3.1 Literaturstudium, Datenbanken, Anwendungs- und Auswertungssoftware	89
3.3.2 Praktische Felduntersuchungen Flora und Fauna	90
3.3.3 Auswahl von Klimadaten.....	92
3.4 Auswertungsmethodik.....	93
3.4.1 Ökoystemtypen und biogeographische Zuordnungen.....	93
3.4.2 Vegetations- und Biotoptypenklassifizierung.....	93
3.4.3 Auswertung Fauna	94
3.4.4 GIS und Geofernerkundung.....	94
3.5 Bewertungsmethodik.....	96
4. Ergebnisse	100
4.1 Standortuntersuchungen	100
4.1.1 Fort Hahneberg	100
4.1.1.1 Flora.....	102
4.1.1.2 Fauna	118
4.1.2 Fort Sarbinowo.....	119
4.1.2.1 Flora.....	122
4.1.2.2 Fauna	132
4.1.3 Festung Wrocław	133
4.1.3.1 Flora.....	135
4.1.3.2 Fauna	139
4.1.4 Festung Kaunas	140
4.1.4.1 Flora.....	143
4.1.4.2 Fauna	155
4.1.5 weitere Festungsanlagen	156
4.2 Auswertung Biotopfernerkundung in Festungsanlagen	160
4.2.1 Fort Hahneberg	160
4.2.1.1 Luftbildauswertungen.....	160
4.2.1.2 Satellitendatenauswertungen	163
4.2.2 Fort Sarbinowo.....	167

4.2.2.1	Luftbilddauswertungen	167
4.2.2.2	Satellitendatenauswertungen	169
4.2.3	Kaunas.....	172
4.2.3.1	Luftbilddauswertung.....	172
4.2.3.2	Satellitendatenauswertung.....	177
4.3	Auswertung der Biotop-Verbundräume und Anschlussstellen in der näheren Umgebung	180
4.3.1	Fort Hahneberg	180
4.3.2	Fort Sarbinowo.....	182
4.3.3	Wrocław	182
4.3.4	Kaunas.....	185
5.	Diskussion.....	189
5.1	Diskussion der Ergebnisse der vegetationskundlichen Felduntersuchungen und Literaturrecherchen.....	189
5.1.1	Übergreifende soziologische Bewertung der Kartierungen	189
5.1.2	Allgemeine Diskussion zur Biotop- und Lebensraumtypen, Pflanzengemeinschaften und Arten in Festungsanlagen.....	191
5.2	Diskussion möglicher Resultate für die (lokale) Denkmalpflege.....	194
5.3	Diskussion der Ergebnisse der Fernerkundung	197
5.4	Diskussion möglicher Resultate für ein Biotopmanagement in Festungsanlagen zur Umsetzung der Biotopvernetzung	200
5.4.1	Offenlandbiotope	201
5.4.2	Waldbiotope	205
5.4.3	Andere Biotope	207
5.4.4	Pflege- und Managementpläne	211
5.4.5	Novel ecosystems sowie Arten- und Naturschutz in Festungsanlagen.....	211
5.4.6	Fledermäuse in Festungsanlagen	214
5.5	kritische Diskussion zum Umgang mit Kulturgütern, der Kulturautonomie und zum Umgang mit dem natürlichen Erbe.....	220
6.	Zusammenfassung und Schlußfolgerungen	224
7.	Literatur	229

Abstrakt

Durch vegetationsökologische Feldstudien wurde das Biotop- und Arteninventar verschiedener Festungsanlagen des 19. Jahrhunderts in Deutschland, Polen und Litauen untersucht. Ein Ziel der Untersuchung war die Bewertung der Standorte für eine Einbindung in den FFH Biotopverbund. Auswertungen historischer Luftbilder dienten als historisch-deskriptive Belege der örtlichen Habitatveränderungen, satellitenbasierte Fernerkundungsdaten als Ausgangsbasis für eine *ex-situ* Standortevaluation mittels verschiedener Klassifizierungsalgorithmen. Wichtige Argumentationsgrundlagen für die gleichberechtigten Anliegen des Kultur- und Naturerbes in diesen Anlagen wurden umfassend herausgearbeitet.

Untersuchte Festungsanlagen neigten in den letzten Jahrzehnten zu einer Wiederbewaldung durch ausbleibende Nutzung und Pflege der Offenlandbereiche. Innerhalb weniger Jahrzehnte sind hier an den untersuchten Standorten waldähnliche Standorte entstanden. Eine Entwicklung hin zu standorttypischen Ausprägung einer HPNV oder natürlicher Waldgesellschaften, die als Biotoptypen nach Anhang I FFH-RL ausweisbar wären, ist an den untersuchten Standorten nicht beobachtet worden. Lokale Offenlandstandorte sind neben nemoralem Invasionsdruck zusätzlich von interner Bestandshomogenisierung sowie externem Flächenverlust betroffen. Hohe Biotopqualitäten in Mesobromion-Standorten aber auch anderen Biotoptypen sind nicht beobachtet worden. Pflanzensoziologische Zuordnungen verbleiben meist auf einer Verbands-ebene. Alle Bestände zeigen verallgemeinert ruderale Einflüsse, die je nach Situation unterschiedlich stark ausfallen. Festungen und deren Biotope sind als *Novel Ecosystems* ausweisbar und wären nur als solche in das Biotopverbundsystem integrierbar. Satellitenbasierte Auswertungen bilden die Kleinräumigkeit der örtlichen Biotopstrukturen nur bedingt ab.

Fehlende Pflege und Nutzung von Festungen sowie aufkommende Waldbestände verursachen eine sukzessive Degradation und Schädigung der Bausubstanz. Eine naturschutzfachliche Begründung für das grundsätzliche Ausbleiben von Sanierung und Bausubstanzerhalt existiert nicht, auch wenn diese Standorte oftmals Habitate für Arten des Anhang IV der FFH-RL aufweisen. Im Gegensatz, die Pflege und der Erhalt des Kulturerbes „Festungsanlagen“ wird von der europäischen Naturschutz- und vor allem Kulturagenda sogar gefordert, da diese neben noch unspezifiziertem Natur- und Erholungswert auch einen intrinsischen gesamteuropäischen Kulturwert haben. Das muss bei der lokalen Raum- und Naturschutzfachplanung sowie in der regionalen Landespflege berücksichtigt werden.

Abstract

The biotope and species inventory of several fortifications of the 19th century in Germany, Poland and Lithuania was examined through vegetation-ecological field studies. One aim of the study was to evaluate the sites for integration into the FFH biotope network. Analyses of historical aerial photographs served as historical-descriptive evidence of local habitat changes. Satellite-based remote sensing data served as a starting point for an *ex-situ* site evaluation using various classification algorithms. Important argumentation bases for the equal concerns of cultural and natural heritage protection in these facilities were comprehensively elaborated for spatial planning.

Investigated fortifications tended to reforest in recent decades due to the lack of use and maintenance of the open land areas. Within a few decades, forest-like sites have developed here at the investigated sites. A development towards site-typical expressions of PNV or natural forest communities, which could be designated as FFH biotopes according to Annex I of the Habitats Directive, has not been observed at the investigated sites. In addition to nemoral invasion pressure, local open land communities are also affected by internal species diversity homogenization and external land loss. High biotope qualities in Mesobromion sites but also other biotope types have not been observed. Plant sociological classifications usually remain above the level of an association. In general, all populations show ruderal influences, which vary in strength depending on the situation. Fortresses and their biotopes can be designated as *Novel Ecosystems* and should only be integrated as such into the biotope network. Satellitebased evaluations only provide a limited picture of the small-scale nature of local biotope structures.

The lack of maintenance and use of fortresses as well as emerging forest stands cause successive degradation and damage to the building fabric. There is no nature conservation justification for the fundamental lack of remediation and preservation of building fabric, even though these sites often have habitats for species listed in Annex IV of the Habitats Directive. In contrast, the care and preservation of the cultural heritage "fortifications" is even demanded by the European nature conservation and cultural agenda, as they have an intrinsic pan-European cultural value in addition to still unspecified nature and recreational value. This is even reflected by the aim of the Habitats Directive. This must be taken into account in local spatial and nature conservation planning and in regional land management.

1. Einleitung

Hintergrund und Einordnung der Arbeit

Da militärische Liegenschaften meist über mehrere Dekaden bis hin zu mehreren Jahrhunderten außerhalb jeglicher Raumordnungs- und Bebauungspläne standen, waren diese Flächen sowohl jeglichen landesrechtlichen oder kommunalen Planungen entzogen als auch quasi abwesend im zivilen gesellschaftlichen Bewusstsein. Durch die politischen Änderungen der frühen 1990er Jahre kam es in weiten Teilen Europas zu einem verstärkten Bedarf nach Konzepten dazu, welche Rolle militärischen Liegenschaften zukünftig in Stadt- und Regionalplanung spielen sollten, da diese sukzessive durch Truppenabzug und Truppenreduktion sowie Aufgabe (Friedrich und Neumüller, 2006; Deutscher Bundestag, 2010) nun einer zivilen Nutzung prinzipiell offen stünden. Zum einen existierte das Problem der Rüstungsaltslasten und anderer Kontaminationen auf vielen Standorten (Sauerbrey *et al.*, 1997; Riesbeck, 2001; Friedrich und Neumüller, 2006). Zum anderen existierte ein Bedarf der Umwidmung in eine rein zivile Nutzungsform, z.B. als Gewerbe- oder Industriestandorte (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 1997). Zu diesen Standorten gehörten sowohl Truppenübungsplätze, Garnisonen und Kasernen, Bunkieranlagen des 20. Jahrhunderts aber auch Festungsanlagen aus verschiedenen früheren Bauepochen. Letztere wurden beispielsweise oftmals als Lager oder als Unterkünfte genutzt. Insgesamt wurden allein im Ostseeraum nach 1990 etwa 600.000ha ehemaliger Militärflächen an etwa 3.500 Einzelstandorten für eine zivile Nutzung und Konversion frei (Friedrich und Neumüller, 2006). Aber auch Aspekte des Naturschutzes spielen bei einer Konversion oftmals eine Rolle, da sich hier besondere Landschaftstypen und Biotope herausgebildet haben (Eschner *et al.*, 1995).

Konversion ist in diesem Zusammenhang die Umwandlung ehemals militärisch genutzter Liegenschaften in zivile Zwecke und beinhaltet sowohl militärische Standorte als auch militärische Liegenschaften. Ein militärischer Standort kann dabei aus mehreren militärischen Liegenschaften bestehen (Koch, 2012: 8).

Durch grenzübergreifende ähnliche Probleme in der Konversion ehemaliger Militärflächen wurde innerhalb der *Baltic Sea Region* Programmzone als Teil des INTERREG III B (European Commission, 2000) Programmes zwischen 2003-2006 dieses Thema durch das Projekt *CONVERNET* unter der Leitung des Brandenburgischen Wirtschaftsministeriums international thematisiert (up2europe, 2006). Durch die Zusammenarbeit verschiedener nationaler,

regionaler und lokaler Akteure und der Einbindung peripherer Räume, waren in diesem Projekt u.a. Städte und Regionen involviert, welche auch über Festungsanlagen verschiedenster Baupochen verfügten. Diese wurden teilweise bis in die späten 1990er Jahre unterschiedlich militärisch genutzt und nach der Aufgabe als Liegenschaften entweder den Kommunen oder übergeordneten Verwaltungseinheiten übertragen. Diese sollten deshalb fortan wieder in die lokale und regionale Raumplanung mit einbezogen werden.

Aus diesem internationalen Projekt entwickelte sich das INTERREG III B Projekt *Baltic Fort Route* (Baltic Fort Route, 2008a), Laufzeit 2005-2007. Basierend auf den Erfahrungen und Erkenntnissen von *CONVERNET* wurde in diesem EFRE-geförderten Projekt speziell das Thema der Konversion von Festungsanlagen des 16. bis 19. Jahrhunderts thematisiert. Hier wurden sowohl Themen der Dokumentation und Inventarisierung, Restaurierung und des Naturmanagements, der Investition in Konversion als auch die touristische Erschließung der Anlagen und eine Vermarktung einer touristischen Festungsrouten *Baltic Fort Route* bearbeitet (Kirchhoff, 2008). Einer der Projektpartner hier war die AG „Ökologie der Ressourcennutzung“ der ehemaligen Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin. Innerhalb dieses Projektes entstanden so an der Humboldt-Universität zu Berlin mehrere Graduiierungsarbeiten sowie Gutachten zum Thema Ökologie, Natur- und Artenschutz, zum Denkmalschutz sowie zu Wechselwirkungen zwischen diesen Aspekten in beteiligten Festungsanlagen. Diese Arbeiten, vor allem deren vegetationskundlichen Untersuchungen, wurden als Primärquellen und Referenzen in der vorliegenden Arbeit verwendet.

Als Folgeprojekt wurde im Rahmen des Central Europe Programmes (Central Europe, 2012) das Projekt *Forte Cultura*, Laufzeit 2012-2014, umgesetzt, welches die touristische Aufwertung, Erschließung und Vermarktung von Festungsanlagen verstärkt thematisierte, bei denen auch die naturräumlichen Komponenten unter der Mitwirkung der Arbeitsgruppe der Humboldt-Universität zu Berlin weiterhin berücksichtigt wurden (Forte Cultura, 2015).

Aber auch andere europaweite und nationale Projekte widmeten sich ebenfalls der Konversion bzw. der Aufwertung von Festungsbauwerken. So sind durch das EU-Projekt *AtFort* (INTERREG IV c Programm, Laufzeit 2012-2014) primär kulturelle Aspekte dieser Festungsanlagen hervorgehoben worden (ATFORT, 2013).

Als Folge des Projektes *Forte Cultura* wurde das europäische Netzwerk *FORTS-2-MARKET* zur touristischen Vermarktung von Festungen, befestigten Anlagen und Schlössern initiiert (ECCOFORT e.V., 2015). Parallel dazu wurde das Netzwerk *EFFORTS – European Federation*

of Fortified Sites als Spin-off des *AtFort* Projektes etabliert (EFFORTS, 2017). Dabei sind nur geringe personelle bzw. örtliche Überschneidungen vorhanden, obwohl die inhaltliche Ausrichtung beider Initiativen große Schnittmengen aufweisen.

Im Vorfeld dieser Arbeit, während des Projektes *Forte Cultura* aber auch während des *AtFort* Projektes, zeigte sich, dass die mit der Konversion und Erschließung dieser ehemaligen militärischen Anlagen verbundenen naturräumlichen und denkmalpflegerischen Konfliktpotentiale innerhalb Europas grundsätzlich ähnlich sind. Aufgrund anderer nationaler Regelungen, Zuständigkeiten und Prioritäten der Raumplanung werden wirtschaftliche und soziale Aspekte, Natur- und Artenschutz sowie Kultur-, Landschafts- und Denkmalschutz im Vergleich zur deutschen Situation unterschiedlich betrachtet, bewertet und umgesetzt.

Zum einen zeigte sich, dass in vielen Fällen Lösungs- und Kompromissbereitschaft aber auch Kompetenzen für komplexe und integrative Herangehensweisen bei regionalen und lokalen Planungs- und Entscheidungsebenen verschieden ausgeprägt sind und bestätigt damit die Erkenntnisse, welche bereits u.a. durch das Projekt *Baltic Fort Route* mehrfach formuliert wurden. Zum anderen spielen auch historisch bedingte Aspekte in der Konversion dieser speziellen militärischen Liegenschaften offenbar eine große Rolle: Im Gegensatz zu mittelalterlichen Wehrbauten waren diese neuzeitlichen Anlagen oft militärisches Sperrgebiet bzw. erinnern an die Schrecken des Krieges und werden dadurch oftmals weniger ausgeprägt als schützenswertes Kulturgut wahrgenommen und behandelt als ältere militärische Bauten. Insbesondere betrifft dies die dem Verfasser bekannten preußischen Festungen, sowohl die des polnischen, tschechischen als auch des deutschen Staatsgebietes. Aber auch die historischen Hintergründe des letzten Jahrhunderts sind entscheidend dafür, wie örtliche Festungsanlagen gesellschaftlich wahrgenommen werden. Beispielsweise sei hier auf die zur Verteidigung der niederländischen Gebiete eigens angelegte *New Dutch Waterline* verwiesen (Verschuure-Stuip, 2014), die aufgrund dieser Situation noch immer identitätsstiftend wirkt. Als Konsequenz können vergleichsweise einfacher als in anderen Regionen Mittel zur Sanierung, zum Erhalt oder auch zur infrastrukturellen Entwicklung aktiviert werden.

Durch verschiedene regional unterschiedliche Gründe kommt es bzw. kam es zu einer baulichen und auch denkmalpflegerischen Vernachlässigung dieser Standorte, bei der durch Sukzession oder andere naturräumliche Umstände sich mitunter ökologisch höherwertige Biotope entwickelt haben. Vor allem im deutschen Hoheitsgebiet wird der Naturschutz gegenüber Kulturschutzbelangen in diesen Anlagen bevorzugt. Eine ausgewogene, differenzierte und

komplexe Betrachtungsweise dieser Bauten und Hinterlassenschaften wird damit teilweise unmöglich. Trotz einer stattfindenden Konversion bleiben diese Areale weiterhin, diesmal ökologisches, Sperrgebiet oder stehen nur stark eingeschränkt der Raumplanung zur Verfügung.

Einführende Problem- und Konfliktbeschreibung

Teilobjekt der Betrachtungen dieser Arbeit sind Festungsanlagen des 16. bis 19. Jahrhunderts, welche fast überall in Europa vorzufinden sind (Gariglio und Minola, 2001; Hällström *et al.*, 2004; Rolf, 2004; Losse, 2008). Diese *Modernen Festungsanlagen* sind Antworten auf die Erfindung der modernen (nicht-explosiven) Artillerie im 16. Jahrhundert und die Zeit der großen stehenden Heere des 19. Jahrhunderts. Moderne Festungsanlagen unterscheiden sich aufgrund ihrer Bauepoche, geographischen Einordnungen, ursprünglichem Zweck, im architektonischen Baustil, in ihren Formen und bei den verwendeten Baumaterialien (Thole, 2007). Als *architectura militaris* werden sie in Kontrast zur *architectura civilis* gestellt und sind bau- und kulturhistorisch in den letzten Jahrzehnten europaweit fallspezifisch untersucht worden (Neumann, 1994; 2002; 2005; Pardela und Kolouszek, 2017).

Moderne Festungsanlagen spiegeln entsprechend ihrer Errichtungsphase und Nutzungshistorie sowohl verschiedene Episoden und Epochen der Architektur, Veränderungen in der Waffentechnik, eine bestimmte Art von Kriegsführung, Brüche und einschneidende Veränderungen in der Geschichte als auch aus politischer Sicht die historische Bildung des heutigen Europas wider. Zugleich erinnern sie an die Vergänglichkeit und Künstlichkeit von Grenzziehungen. Eine Häufung von Festungsanlagen des 18. und des 19. Jahrhunderts findet sich an den Grenzen der damaligen Kaiser- und Königreiche, wie z.B. im heutigen Norditalien der Grenzregion zwischen den Königreich Italien/Venetien und dem Österreichischen bzw. dem k.u.k Reich, oder im heutigen östlichen Polen, der damaligen Grenzregion zwischen dem preußischem, russischem und dem österreichisch-ungarischem Reich (Abb. A-27).

Durch funktionale Umwidmungen, Wiederentdeckungen, Entwicklungen und damit verbundenen Baumaßnahmen und Restaurierungen von Festungsanlagen kommt es häufig zu Konflikten mit Aspekten des Natur- und Artenschutzes, was zum Teil bereits kontrovers diskutiert und thematisiert wurde (Eberhardt, 2002; Fischer, 2002; Westerhoff, 2011; Brickwedde *et al.*, 2012). So sind u.a. durch ausbleibende Nutzungen und die damit verbundene Sukzession in und auf diesen Bauwerken und Anlagenkomplexen sowie um sie herum teilweise sehr komplexe kleinräumige Artengefüge entstanden, welche bei Restaurierungsarbeiten besondere Aufmerksamkeit bedürfen (Pick *et al.*, 2002; Kirchhoff, Hübner in Westerhoff,

2011). Z.B. sind diese Anlagen mit Ihren speziellen abiotischen Bedingungen oftmals gleichzeitig sowohl kühl-feuchtes Überwinterungs- und Sommerquartier größerer Fledermauspopulation (Pauza und Pauziene, 1998; Petermann, 2011: 247; Limpens et al. 2007 in Boer *et al.*, 2013; EUROBATS, 2016) als auch warm-trockener Standort für diverse thermophile Arten und die entsprechenden damit assoziierten Lebensgemeinschaften. Zusätzlich sind hier verschiedene Mauergesellschaften mit den damit assoziierten Arten vorhanden (Dennhöfer *et al.*, 2008; Riesbeck und Junghans, 2014). Auch sind hier historisch bedingte Anpflanzungen verschiedener Obstgehölze oder anderer Gehölze vorzufinden, welche einst im ersten Fall zu Ernährungszwecken des Militärs sowie der Zivilisten und im letzten zur Verteidigung sowie zur Brennholzversorgung benötigt wurden (Jordan, 2011; 2013).

Viele Festungsanlagen in Europa aber auch außerhalb Europas, obwohl sie sich meist baulich voneinander unterscheiden, haben also eine Gemeinsamkeit: Sie dienen als Lebensräume für zahlreiche Arten und ökologische Gemeinschaften. Das Auftreten und die Häufigkeit von Arten und Gemeinschaften in Festungen aller Altersstufen spiegelt im Allgemeinen ihr Vorhandensein in der umliegenden Landschaft der Region wider. Gleichzeitig können Festungen aber auch Arten und Gemeinschaften beherbergen, die im spezifischen biogeographischen Kontext selten oder auch atypisch sind oder nur wegen der Anwesenheit der Befestigung lokal vorgefunden werden. Hierbei sei vorab schon auf die Problematik der Arten- und Naturraumausstattung der europäischen Kulturlandschaft sowie die Kulturfollowerproblematik verwiesen, welche in gesonderten Kapiteln nochmal näher betrachtet werden.

Bei der kulturellen Wiederentdeckung und Entwicklung und den damit oftmals verbundenen Restaurierungen, Rekonstruktionen und Umbauten entstehen also Konflikte, die vorher meist nur außerhalb typischer denkmalpflegerischer Tätigkeiten standen: Die flächenhafte Berücksichtigung von Arten- und Naturschutzbelangen am, mitunter denkmalgeschützten, historischen Baukörper. Aber auch der umgekehrte Fall, nämlich die Berücksichtigung von Denkmalschutzaspekten in bereits ausgewiesenen Schutzgebieten oder Schutzzonen bzw. die Berücksichtigung von Denkmalschutzaspekten bei Flächen- und Habitatsprüchen angrenzender Schutzzonen.

Der Schutz und Erhalt der natürlichen Arten und Gemeinschaften als Teil des Naturerbes ist eine gesellschaftliche Aufgabe, welche weltweit und regional verfolgt wird. Neben dem Schutz und Erhalt des Naturerbes sind Gesellschaften aber auch damit beauftragt und konfrontiert, ihr kulturelles Erbe zu erhalten und zu schützen, als Reminiszenz an die Geschichte und in

Reflexion ihrer eigenen und/ oder fremden Identität. Aus diesen Aspekten ergibt sich eine grenzübergreifende gesamtgesellschaftliche Aufgabe.

Zwar existiert eine europaweite und damit verbindliche Umwelt-, Natur- und Artenschutzgesetzgebung, aber keine einheitlichen und verbindlichen EU-weiten Regelungen zum Schutz und Erhalt raumgebundener Kulturgüter (Kapitel 2.4.2.6). Damit hat *de jure* aber auch *de facto* der Natur- und Artenschutz Vorrang vor allen regional gültigen Kultur- und Denkmalschutzgesetzen und den damit verbundenen Ausführungsbestimmungen und -regelungen, auch wenn eventuell in den Mitgliedsländern eine rechtliche nationale Gleichstellungen bzw. zusammenfassende Gesetzgebung existieren mag, wie z.B. in Italien (Kloepfer, 2012: 22f). Infolgedessen können große Konfrontationen zwischen Lobbygruppen auftreten, die oftmals nicht in einem sozialen Optimum enden, welches sowohl den Erhalt des natürlichen als auch des kulturellen Erbes umfassen sollte.

Während und im Vorfeld dieser Arbeit konnten keine expliziten wissenschaftlichen Auseinandersetzungen gefunden werden, die außerhalb der Humboldt-Universität zu Berlin entstanden sind (s.u.), welche sich speziell mit Lebensgemeinschaften, Biotopen und Arten in Festungsanlagen auseinandersetzen. Es sind nur wenige Publikationen bekannt, die insbesondere im Vorfeld oder als Begleitmaßnahme von Sanierungs- und Restaurierungsarbeiten bestimmter Bauwerke erstellt wurden (Pick *et al.*, 2002; Treiber, 2010). Zugleich existieren verschiedene standortkundliche, teilweise sehr detaillierte, Untersuchungen einzelner Anlagen der 2000er Jahre, welche als Konsequenz des transnationalen EU Projektes *Baltic Fort Route* an der Humboldt-Universität zu Berlin entstanden sind.

Der Neuheitswert dieser Arbeit besteht also darin, Festungsanlagen Mitteleuropas primär als Lebensräume für Tiere und Pflanzen zu betrachten, deren ökologischen Wert aufgrund der Vielzahl und Vielgestaltigkeit dieser Anlagen in Europa herauszuarbeiten und festungstypische Standortcharakteristika und Sukzessionsdynamiken abzubilden. Hierbei wird das Thema des Natur- und Artenschutzes im urban geprägten Mitteleuropa am Beispiel von ausgewählten Festungsanlagen aufgegriffen und dieses interdisziplinär mit einzelnen Fragen und Themenkomplexen der Raumentwicklung und des Kultur- und Denkmalschutzes diskutiert. Es wird dabei versucht, aus bereits existenten und neuen Einzelbetrachtungen Rückschlüsse und Verallgemeinerungen zu ziehen, um diese für zukünftige Raum- und Standortentwicklungskonzepte für solche Anlagen grenzübergreifend vorzuschlagen.

Ziel dieser Arbeit soll daher sein, keine bau- und militärhistorische Abhandlung über Festungsbauwerke zu liefern, sondern diese als Standorte lokaler und regionaler Arten und ökologischen Gemeinschaften zu untersuchen, zu bewerten und zu klassifizieren. Eine Überprüfung der potentiellen Eignung auf eine Integration in das überregionale europäische FFH-Schutzgebietsnetzwerk NATURA2000 und die damit verbundenen Schutzkategorien soll dahingehend erfolgen, unter welchen Aspekten diese Bauwerke als Trittsteine oder temporäre Habitate im Biotopverbundsystem funktional dienlich und wirksam sein könnten.

Schwerpunkt dieser Arbeit ist die Bemühung bisherige Einzeluntersuchungen zur ökologischen Ausstattung und Funktion moderner Festungsanlagen zusammenzutragen, zeitliche Tendenzen der Ökosystemdynamiken in ausgewählten exemplarischen Standorten zu erfassen sowie diese mittels trans- und interdisziplinärer Ansätze zu analysieren, zu kategorisieren, auszuwerten und zu interpretieren. Dazu gehört auch, das angedeutete rechtliche Konfliktpotential näher zu betrachten und zu aktuellen politisch-gesellschaftlichen Tendenzen in Relation zu setzen. Dies erfolgt mit der Zielstellung den reichhaltigen kulturhistorischen und ökologisch interessanten Schatz „moderne Festungsanlagen in Mitteleuropa“ neu zu interpretieren und diesen für eine ökologisch geprägte Raumentwicklung durch eine Anbindung an das europäische Biotopverbundsystem potentiell zu erschließen. Hierbei können sowohl naturräumliche als auch kulturhistorische Bildungsaspekte, welche den Nachhaltigkeitszielen der europäischen Agenda und Raumpolitik entsprechen, berücksichtigt werden.

Dadurch wird erhofft, dass zukünftige Bemühungen einer nachhaltigen Entwicklung und Konversion dieser militärischen Liegenschaften unterstützt werden, indem neue Argumentationsgrundlagen für eine differenzierte und ausgewogene Betrachtung, Bewertung und Erschließung dieser Anlagen entwickelt werden.

In Kapitel 2 wird versucht, so umfassend wie möglich und nötig, die Grundlagen und Hintergründe für die Untersuchungen dieser Arbeit zu liefern. Hierbei wird auf folgende Aspekte eingegangen: Kapitel 2.1 liefert erklärende Aussagen zu landschaftlichen Aspekten Mitteleuropas wobei neben abiotischen Komponenten der Landschaft auch auf kulturhistorische und soziokulturelle Aspekte eingegangen wird. In Kapitel 2.2. werden biotische Klassifizierungsansätze und -systematiken gültig für Mitteleuropa vorgestellt. In Kapitel 2.3 werden Grundlagen und Hintergründe der Biodiversität erläutert und näher definiert. Hierbei wird zusätzlich auf die Rolle und die Notwendigkeit einer Biotopvernetzung, die die Grundlage von Teilaspekten dieser Arbeit liefern, eingegangen. In Kapitel 2.4 werden

rechtliche Grundlagen und Hintergründe der Raumplanung, des allgemeinen Umwelt- und Naturschutzes, des speziellen Artenschutzes und des Kulturgüterschutzes vorgestellt. Kapitel 2.5 erläutert Teilaspekte des Umwelt-, Natur- und Artenschutzes und ist als komplementär zu Kapitel 2.4 sowie Kapitel 2.3 zu sehen. In Kapitel 2.7 werden Festungsanlagen mit ihren baulichen, geschichtlichen und geographischen Hintergründen betrachtet. In Kapitel 2.8 werden zusätzliche Aspekte der Ökosystembewertung, namentlich Umweltdienstleistungen sowie Bewertungsmethodiken immaterieller Werte erläutert. Kapitel 2.9 gibt einen kurzen Überblick über Methoden und Aufgaben der Fernerkundung mit dem Fokus der Ökosystemüberwachung (*monitoring*) und -bewertung (*assessment*), da diese als komplementäre Untersuchungsmethodiken in diese Arbeit Eingang finden.

In Kapitel 3 beinhaltet Material und Methoden zu Untersuchungen dieser Arbeit.

In Kapitel 4 wird eingehend auf die Untersuchungsobjekte, Festungen und deren Naturraumausstattung sowie auf diesbezügliche vegetationskundliche Untersuchungen und Auswertungen eingegangen werden.

Kapitel 5 diskutiert die Ergebnisse der Untersuchungen und Auswertungen, wobei versucht wird, neben direkten und lokalen naturräumlichen Aspekten auch die überregionalen Anforderungen einer Biotopvernetzung zu berücksichtigen. Zusätzlich sollen Naturraumausstattung und Wertigkeit im Zusammenhang mit baulichen und denkmalpflegerischen Aspekten zusammengedacht werden.

Kapitel 6 fasst die Ergebnisse der Arbeit zusammen.

2. Literatur und theoretische Grundlagen

2.1 Landschaft in Mitteleuropa

2.1.1 Physiographie und Klima

Physiographie

Der Begriff „Physiographie“ hatte Anfang des 20. Jahrhunderts vor allem im englischen Sprachgebrauch eine vergleichsweise umfassende Bedeutung: „*Physiography - (n.) The science which treats of the earth's exterior physical features, climate, life, etc., and of the physical movements or changes on the earth's surface, as the currents of the atmosphere and ocean, the secular variations in heat, moisture, magnetism, etc.*“ (Webster, 1913) und unterlag in den folgenden Jahrzehnten in den unterschiedlichen Sprachräumen stetiger Veränderung. In der Encyclopædia Britannica hat der Titel „*geomorphology*“ den alternativen Titel „*physiography*“ (Encyclopædia Britannica, 2017b). Dagegen definiert United States Geological Survey (USGS) Physiographie als Disziplin, welche sich ausschließlich mit der Beschreibung der Oberflächencharakteristik beschäftigt (USGS, 2017), Geomorphologie hingegen als Disziplin, die sich mit Prozessen auseinandersetzt, die die Oberflächencharakteristik verursachen und prägen (Osterkamp, 2008). Im weiteren Verlauf wird Physiographie im Sinn von Landschaftsbeschreibung verwendet, wobei auf geologische und klimatische sowie biologische Aspekte einzeln eingegangen werden wird.

Nach Fennemann (1917) sind alle oberflächlichen Strukturen der Erde, bedingt durch ihre geologischen und geomorphologischen Aspekte, folgendermaßen einzuteilen:

Continents – Divisions – Provinces – Sections

Diese Klassifizierung, ursprünglich entwickelt für den nordamerikanischen Kontinent, wurde auf andere Kontinente übertragen, wobei klimatische und vegetationsbedingte Aspekte allerdings nicht berücksichtigt werden (ebenda). Das Fennemann-Klassifizierungssystem ist für Europa nur unvollständig und rudimentär entwickelt, da vorrangig eigene nationale Klassifizierungen entwickelt wurden. Zum Versuch einer Harmonisierung der physiographischen Beschreibung der Alpenregion vergleiche Marazzi (2004). Zugleich existieren Ansätze einer grenzübergreifenden gesamt-europäischen Klassifizierung und Gliederung aus Polen (Kondracki, 1965).

Eine Analogie zur Klassifizierung nach Fennemann findet sich in dem System der naturräumlichen Einheiten Deutschlands, welche durch das Bundesamt für Naturschutz (BfN) unter anderem zur Umsetzung der Flora Fauna Habitat Richtlinie (FFH-RL) verwendet wird (Ssyman, 1994). Die polnische physiographische Unterteilung in „*Regiony Fizycznogeograficzne*“ folgt weitgehend auch dem ursprünglichen Ansatz von Fennemann und unterteilt das polnische Staatsgebiet in *Megaregiony*, *Prowincje* und *Podprowincje*, präzisiert aber letztere nochmals in *Makroregiony* und *Mezoregiony* (Kondracki, 2002 sowie Abb. A-1). Noch detailliertere Unterteilungen existieren für das tschechische und slowakische Staatsgebiet, basierend auf den Arbeiten von Demek (1987) sowie Mazur et al. (1986).

Die durch Walter (1995: 4–7) beschriebene Mitteleuropäische Senke umfasst sowohl die südliche Nordsee-Senke als auch die Norddeutsch-Polnische Senke (Abb. A-2), mit jeweils unterschiedlichen geologischen Hintergründen, und ist oberflächlich v.a. durch quartäre Ablagerungen geprägt. In diesen Zusammenhang wird oftmals auch von der Nordeuropäischen Tieflandsebene gesprochen.

Das Norddeutsche Tiefland, in der Nomenklatur der naturräumlichen Gliederung Deutschlands als Großregion 1. Ordnung bezeichnet (Ssyman, 1994), ist Teil dieser Nordeuropäischen Tieflandsebene, bzw. der „*Niż Środkowoeuropejski*“ (Mitteleuropäische Ebene oder Tieflandsebene) nach der polnischen Nomenklatur, welche zusammen mit der Osteuropäischen Ebene, bzw. dem Osteuropäischen Tiefland bzw. „*Niż Wschodnioeuropejski*“ das Europäische Tiefland formiert. Dabei sind die Begriffe „Europäisches Tiefland“ oder „Osteuropäische Ebene“ eher physiographischer Natur (s.o.) und bedingt sowie bislang nicht geologisch, geotektonisch oder geographisch exakt definiert worden, werden aber als Sammelbegriffe in populärwissenschaftlichen Abhandlungen oder Atlanten verwendet (Encyclopædia Britannica, 2017a; National Geographic Society, 2017). Nur die polnischen Ausarbeitungen grenzen das Nord- bzw. Mitteleuropäische Tiefland exakt vom Osteuropäischen Tiefland ab. Analog dazu zeigt Abb. A-3 die angeführten physiographischen Unterteilungen Europas bzw. Mitteleuropas nach Bohn und Neuhäusl (2004).

Abbildung A-5 zeigt ein quasi zusammenhängendes Tiefland bis zur Höhe von 200m üNN in Europa, welches vom Atlantik bis zur Schwarzmeerküste reicht und soll zur Veranschaulichung der physiographischen Zusammenhänge des Europäischen Tieflands dienen. Zu weiteren Möglichkeiten naturräumlicher Gliederungen siehe auch Kapitel 2.2.1.

Das hier angeführte Europäische Tiefland ist vorrangig gekennzeichnet durch glaziale Ablagerungen unterschiedlicher Mächtigkeiten verursacht durch die Eisvorstöße des Quartärs sowie durch Sediment- und Lockergesteinsablagerungen erosiver Prozesse der Grund- und Deckgebirge (Gellert, 1965: 10–21; Walter und Dorn, 1995: 128–141; Katzung, 2004: 221–347). Durch spät- und postglaziale Bodenbildungsprozesse sind in diesen Glaziallandschaften hier neben fruchtbaren Schwarzerdeböden auf Lössbasis, Sand-, Lehm- und Tonböden, organische Böden (Moore und Anmoore) sowie unterschiedlichste eiszeitliche Strukturen vorzufinden (Walter und Dorn, 1995: 221–347), welche das gesamtlandschaftliche Erscheinungsbild prägen. Nur in einigen Regionen durchragen präglaziale Formationen die Oberfläche (ebenda).

Klima

Klimatisch unterliegt Europa durch seine Lage und Ausdehnung unterschiedlichen Einflüssen. Das westliche Europa wird tendenziell ozeanisch-nordatlantisch und damit ganzjährig kühl-humid geprägt. Das östliche Europa unterliegt je nach Lage unterschiedlich starken kontinentalen Einflüssen und ist prinzipiell gekennzeichnet durch stärkere jahreszeitliche Temperaturunterschiede und dominierende Sommerniederschläge. Das nördliche Europa unterliegt bereits subpolaren Einflüssen und sowie je nach Lage kühlen bis warmen Sommern. Die Mittelmeerregion ist durch seine geographische Breite im Einflussbereich des subtropischen Randbereiches, welcher tendenziell durch ganzjährig semi-aride Konditionen, also Niederschläge <400mm, heiße und trockene Sommermonate und Jahresdurchschnittstemperaturen deutlich über 10°C gekennzeichnet ist.

Die effektive Klimaklassifikation berücksichtigt die messbaren Klimaelemente Lufttemperatur, Niederschlag und Verdunstung. Aus diesen werden klimabestimmende Größen und Schwellenwerte, wie Anzahl der Frosttage, durchschnittliche jährliche Regenmengen usw. berechnet und damit Klimate eingeteilt (DWD, 2018a). Abbildung A-4 stellt eine Einteilung der Klimate Europas nach der effektiven Klimaklassifikation nach Köppen-Geiger in der Überarbeitung von Kottek et al. (2006) der klimatischen Periode 1951-2000 dar. Mittel- und Westeuropa fallen damit größtenteils in die Klassifikation Cfb, warm temperiertes Hauptklima, voll humide ganzjährige Niederschlagssituation sowie warme Sommer.

Auf regionaler bzw. nationaler Ebene gibt es oftmals Einteilungen, welche die globale Einteilung nach Köppen-Geiger oder anderer Klassifikation präzisieren und die regionalen Spezifika stärker berücksichtigen (Domdey, 2015: 54). Diese Klimaregionen weisen ein

weitgehend einheitliches Makroklima auf, berücksichtigen sowohl Schwellenwerte von Temperatur und Niederschlag als auch topographische Effekte sowie Vegetationsaspekte (DWD, 2018b).

Tendenziell sind im 20. Jahrhundert in Europa bereits Veränderungen der ursprünglichen Klimatausdehnung gegenüber der ersten Hälfte des 20. Jahrhundert beobachtet worden (Rubel und Kottek, 2010). Vergleiche auch Abb. A-5. Prognostisch setzt sich dieser Trend fort. So sind u.a. im Alpenraum im Zeitraum 2076-2100 unterschiedlich starke Abnahmen der borealen und alpinen Klimazone in verschiedenen Klimaszenarien zu erwarten (Rubel *et al.*, 2017).

2.1.2 Definitionen von Landschaft

Die Landschaftsforschung der letzten Jahrzehnte im Mitteleuropa hat versucht, Landschaft in seiner Komplexität zu beschreiben und auch zu kategorisieren. In der Objektlandschaft, also der physisch realen Landschaft, existieren einzelne Bestandteile wie Bäume, Wälder, Hecken, Hügel, Flüsse, Häuser, Städte usw. und sind hier objektbasierte Landschaftselemente (Kapitel 2.2.1.2). Diese sind unter Umständen regionalspezifisch und können die Grundlage für nähere Präzisierungen wie Voralpenlandschaft oder Boddenlandschaft sein. Trepl (2012: 9–35) bezeichnet diesen Aspekt „Landschaft₂“. Der subjektive Teil einer Landschaft, welcher stets beobachter-, orts-, zeit- und stimmungsabhängig ist, wird als „Landschaft₁“ bezeichnet. Zusätzlich existieren historische und kulturelle Ebenen in einer Landschaft, die nur mittelbar erfass- und wahrnehmbar oder gar beschreibbar sind, aber auch in die Aspekte und Wahrnehmungen der subjektiven Landschaft (Landschaft₁) hineinwirken (können). Nach Naveh und Liebermann (1984) ist eine Landschaft in seiner Gänze als Berührungspunkt von Natur (Bios und Geos) und Kultur (Noos) aufzufassen und stellen diese Interaktion in einem Konzept des *Total Human Ecosystem* vor. Tress und Tress (2001) inkorporieren dieses Konzept in einem Mensch-Landschafts-Modell und erklären damit, warum Landschaft auch ein wahrnehmungsabhängiges Konstrukt ist bzw. sein kann.

Landschaft₂ ist vorrangig Gegenstand der naturwissenschaftlichen kausalanalytischen und dagegen Landschaft₁ der geistes- und kultur- sowie kunstwissenschaftlichen Forschung und Auseinandersetzung (Trepl, 2012: 25ff). Im letzteren Fall dient diese rückwirkend für die Interpretation von Landschaftswahrnehmung aber auch von Landschaftsgestaltung (Kapitel 2.1.3.3). Die naturwissenschaftlich kausalanalytische Befassung mit Landschaft, also mit Landschaft₂, ist dagegen eine vergleichsweise neue Disziplin. In seiner Komplexität wird Landschaft₁ und Landschaft₂ historisch und kulturell sehr verschieden betrachtet. Die kulturell

verschiedenen Rollen von „Bios“, aber auch „Abios“, sowie „Noos“ müssen daher bei Landschaftsentwicklung sowie -pflege berücksichtigt werden (Kapitel 2.1.3.3 und 2.1.4).

2.1.2.1 Landschaft und Kulturlandschaft in Europa

Landschaft und natürliche Landschaft

Die Wuchslandschaft, also die floristischen Elemente, einer natürlichen Landschaft werden durch eine natürliche Pflanzengesellschaft beherrscht (Dierschke, 1994: 530). Aus pflanzensoziologischer Sicht besteht eine natürliche Landschaft in einem bestimmten Zeithorizont aus Klimax- und/oder Dauergesellschaften (Dierschke, 1994: 420f).

Mit der Sesshaftwerdung des Menschen beginnt für Poschlod (2017: 8-36) der Anfang des Wandels der Naturlandschaft zur Kulturlandschaft. Die natürliche, native und unveränderte Landschaft ist ein zeitlich und räumlich bedingter Aspekt, der mit der fortschreitenden Besiedlung und Beeinflussung des Raumes in Europa durch den Menschen sukzessive verschwand. Nur die hochalpinen Regionen bzw. polaren Gebiete, die sich bis in jüngere Vergangenheit dem Zugriff durch Menschen entzogen, und dies teilweise immer noch tun, können als native Landschaft betrachtet werden. Durch den anthropogen verursachten Klimawandel und die damit einhergehende Gletscherschmelzen der Alpenregionen des 20. Jahrhunderts ist somit auch der (hoch)alpine Raum nicht mehr nativ und unberührt und gilt damit bei strenger Auslegung des Poschlod'schen Ansatzes nur noch als Kulturlandschaft. Daher existiert spätestens seit der Erstbesteigung des Mont-Blanc 1786 in Mitteleuropa quasi keine natürliche, native Landschaft mehr. Auch nach Steinhardt et al. (2012: 31f) ist eine Differenzierung von Landschaft in Naturlandschaft und Kulturlandschaft unnötig und irreführend, da der Naturraum nur hypothetischen Charakter hat, und längst vollständig menschlich beeinflusst wurde. Trotzdem kann eine Unterscheidung sinnvoll sein, um die Intensität des menschlichen Eingriffes darzustellen.

Das Weichen der nativen Landschaft vor der Kulturlandschaft ist in Europa somit inhaltlich vergleichbar mit der Bewegung der *last frontier* der post-kolumbianischen Besiedlung des nordamerikanischen Kontinentes (Kathke, 2009). Die Kulturlandschaft schob sich in den letzten Jahrhunderten somit immer weiter vor und ist heute flächendeckend in Europa vorzufinden. Allerdings existieren naturnahe Zustände in einigen Gebieten Europas, welche oftmals Bestandteil nationaler oder auch internationaler Schutzbemühungen sind, z.B. im Rahmen von NATURA2000. Anthropogene Fernwirkungen treten auch hier auf.

Kulturlandschaft

Aus pflanzensoziologischer Sicht wird die Kulturlandschaft von einem genetischem Gesellschaftskomplex beherrscht. Das können entweder Ersatzgesellschaften oder inkomplette Gesellschaften wie Fragment- oder Basalgemeinschaften sein (Dierschke, 1994: 530).

Nach Ellenberg (1996: 38-109) ist ganz Mitteleuropa eine Kulturlandschaft und seine Pflanzendecke durch vielfältige, aktuelle wie historische, Ursachen anthropogen bedingt und beeinflusst, dessen Entstehung bis in die frühe postglaziale Zeit zurückreicht. Ackerbau und Viehhaltung sowie Forstwirtschaft waren und sind wichtige Faktoren der landschaftlichen und pflanzensoziologischen Entwicklungen. So existieren in Europa nur noch naturnahe (*near virgin*) Wälder, deren Gesamtfläche mit ca. 1084 km² angegeben wird (Sabatini *et al.*, 2018). Durch die Industrialisierung kommen andere Aspekte, wie z.B. großräumige Emissions- oder Belastungsszenarien, als Fernwirkungen hinzu. In vorindustrieller Zeit sind bereits durch die Eindeichungen der Nordseeküsten seit dem 11. Jahrhundert großräumige Landschafts- und damit pflanzensoziologische Veränderungen verursacht worden (Ellenberg, 1996: 69f).

Poschod (2017) beleuchtet den kulturlandschaftlichen Wandel in Europa teilweise sehr detailliert und nennt klimatische Aspekte, Krankheiten, Kriege, technischen Fortschritt, wirtschaftliche Zwänge und Sachlagen aber auch Verordnungen, Gesetze sowie Geistesströmungen als maßgebliche Faktoren für die abiotischen und biotischen Veränderungen auf dem europäischen Kontinent und damit der Landschaft(en) Europas.

Grenzübergreifende Landschaften am Beispiel Deutschlands und Polens

Durch physiographisch bedingte Kategorisierung und Klassifizierungen sind Landschaften Deutschlands und Polens, aber auch anderer Länder beschreib- und abbildbar. Auf kleinskaliger Ebene können diese Großlandschaften nochmals unterteilt werden (Kapitel 2.1.1).

Polen und Deutschland teilen sich nach einer vereinheitlichten Sichtweise das Mitteleuropäische Tiefland (Abb. A-22). Die entsprechenden Elemente sind die Großlandschaft Norddeutsches Tiefland des deutschen Hoheitsgebietes (Ssymank, 1994) sowie die Provinz *Niż Środkowoeuropejski* (Kondracki, 2002). Eine weitere gemeinsame Landschaft Polens und Deutschland ist die Mittelgebirgsregion und physiographische Provinz *Massyw Czeski* (nördlicher Teil des Riesengebirges), welches an das Zentraleuropäische Mittelgebirgsland

nach Ssymank (1994) anschließt. Bei kleinräumiger Betrachtung würde diese Provinz in den Naturraum Oberlausitz übergehen.

2.1.3 Landschaftswandel

2.1.3.1 Holozäne *baseline*

In geologischen Zeiträumen haben sich die Landschaften sowie die Naturraumausstattungen der Kontinente mehrfach verändert. Für Europa waren die Vergletscherungen mit dem Beginn des Quartärs die letzten großen Veränderungen. Hier wurde durch das Vorrücken und das Zurückweichen der Eismassen in erster Linie Raum der Tier- und Pflanzenwelt entzogen bzw. stand dieser wieder, teilweise nur temporär, zur Verfügung (Kupryjanowicz *et al.*, 2018).

Einige vormals bereits im Tertiär existente Florenelemente konnten sich in Europa nach dem Ende der Vergletscherungen in Europa entweder nicht wieder ausbreiten, wie das endemische Tertiärrelikt *Jancaea heldreichii*, oder waren gänzlich verschwunden, z.B. Magnolien, Sequoia- und Hemlocktannen-Arten (Birks und Tinner, 2016). Durch die West-Ost-Orientierung der Alpen war ein Zurückweichen nur in geringem Ausmaß möglich gewesen und ist als einer der Ursachen des Aussterbens von Teilen einer Arcto-Tertiären Geoflora anzusehen (ebenda). Nach Schroeder (1998: 394-400) ist hauptsächlich die klimatisch ungünstige Gesamtlage ursächlicher Faktor für die ungünstigen Erhaltungszustände vieler Arten und Pflanzengemeinschaften während des Glazials. Hierbei ist die durchweg aride bis semiaride klimatische Situation in südlichen Teilen Europas verantwortlich für ein Steppentundraklima. Nur in wenigen Gebieten, vor allem in höheren Gebirgslagen, konnten sich Wälder halten. Diese dienten später als Quelle einer Wiederbesiedlung.

Glazialrefugien für viele Arten waren hier v.a. das Puszta-Gebiet bzw. die Ebenen des östlichen Europas, die temperierten mittelmeeernahen Gebiete des Balkans, der südlichen französischen Regionen und Gebiete der Pyrenäen (Schroeder, 1998: 395-399; Poschlod, 2017: 26). So sind Glazialrefugien für *Ulmus* und *Corylus* auf dem Apennin, im Balkangebiet und auch auf der iberischen Halbinsel zu suchen (Lang, 1994 in Herking, 2004). Die gesamte Wiederbesiedlung dauerte sowohl aus geographischen und produktionsgenetischen Gründen (Schroeder, 1998: 15-47) längere Zeit, so maximal 1500m p. a. bei der Hasel (*Corylus avellana*) (ebenda: 44). Die Wiederbesiedlung war zudem an die klimatische Stabilisierung in der Postglazialzeit sowie an die Vorbesiedlung durch andere Arten gebunden. Die Wiederbewaldung ist hauptsächlich an die sukzessive Verschiebung der polaren Waldgrenzen gekoppelt, welche den Übergang

zwischen arktischer und borealer Zone markiert und in der Folge wärmeliebendere Arten der nemoralen Zone mit sich führt (Schroeder, 1998: 398).

Eine Unterteilung der Wiederbesiedlung aufgrund zeitlicher Aspekte in der Postglazialzeit kann in vier Zeitebenen vorgenommen werden: cryo-, proto-, meso- und telokratische Phasen mit ihren entsprechenden Charakterarten (Herking, 2004; Birks und Tinner, 2016), welche als Pollenablagerung v.a. in Mooren nachweisbar sind.

Allerdings sind erst in den letzten Jahrtausenden einige Florenelemente aus Ihren pannonischen, mediterranen und kontinentalen (pontischen) Refugien wieder in das mitteleuropäische Tiefland vorgedrungen, einige offenbar auch anthropogen bedingt (Meindl *et al.*, 2016). Abbildung A-21 verdeutlicht diesen Prozess am Beispiel der Wiederbesiedlung des mitteleuropäischen Raumes anhand des Vordringens der telokratischen Rotbuche (*Fagus sylvatica*) im Zeitraum 7000 bis 1000 Jahre vor heute (BP). Zu ähnlichen Interpretationen kommen auch Poschlod (2017: 26) und Schroeder (1998: 395-399). Das Vordringen der Hasel sowie der Vogelkirsche (*Prunus avium*) als „Vorhut des nemoralen Gehölzenssembles“ ist vor allem in der telokratische Phasen (Wärmezeit des Postglazials) gut dokumentiert und läutete in der Konsequenz die Dominanz des nemoralen Sommerwaldes um ca. 9000 BP ein (Schroeder, 1998: 398-399). Abbildung A-23 zeigt exemplarisch die Ausbreitung von meso- bis telokratischen Eichen-Arten der nemoralen Zone in Mitteleuropa. Das Vorkommen anderer Arten in den frühen postglazialen Jahrtausenden (proto- und mesokratische Arten) ist zudem an deren pflanzensoziologischen Aspekt gebunden. Zu den Ursachenkomplexen zur späten Dominanz von *Fagus sylvatica* siehe Schroeder (1998: 399f). Sind diese eher an komplexe Ökosysteme gebunden, tauchen sie später auf. Offenland- und Pioniertypen und heutig subpolar verbreitete Tundrenelemente sind daher viel früher im mitteleuropäischen Raum vorzufinden (Herking, 2004). Teilweise fand auch keine Wiederbesiedlung statt, so dass einige Arten durch vorhergehende Arealdisjunktionen als reliktsche bzw. endemische Arten nur noch in bestimmten kleinräumigen Gebieten vorzufinden sind.

Der holozäne Landschaftswandel in Europa ist also der sukzessive Übergang der spätglazialen Kältesteppe zum Wald (Wittig, 2012: 84). Zugleich ist das Zurückweichen des Eisschildes der späten Weichselvereisung mit dem Vordringen des modernen neolithischen Menschen verbunden, der pollenanalytisch Spuren hinterließ und erste Florenveränderungen induzierte (Schroeder, 1998: 400; Herking, 2004; Wittig, 2012: 84-91; Poschlod, 2017: 14-36).

Durch Besiedlung, Wanderungswellen, durch (kultur-) landschaftliche und vielfältige landwirtschaftliche Nutzung sind in Europa v.a. bis ins ausgehende Mittelalter sowohl neue Arten etabliert worden (Archäophyten) als auch anthropogen bedingte Pflanzengesellschaften entstanden (Dierschke, 1994: 56-60; Poschlod, 2017: 9-37). Abbildung A-24 zeigt schematisch die Veränderung der Vegetationsdecke Mitteleuropas durch den Menschen.

2.1.3.2 Entwicklungen der letzten zwei Jahrhunderte

Vor allem Mitteleuropa hat in den letzten zwei Jahrhunderten verschiedene industrielle, landwirtschaftliche sowie politische Entwicklungsphasen erlebt, die auf Landschaft und Biosphäre wirkten. Diese lassen sich wie folgt darstellen:

- (Proto-)Industrialisierung und Zunahme der Verstädterung des 19. Jahrhunderts, einhergehend mit agrarstrukturellen Veränderungen
- Fortschreitende Industrialisierung, Intensivierung der Landwirtschaft, Auf- und Ausbau der Versorgungs- und Verkehrsinfrastruktur, fortschreitende Urbanisierung des 20. Jahrhunderts
- Umweltgesetzgebung und zunehmende Ökologisierung ab dem letzten Drittel des 20. Jahrhunderts als Antwort auf Umwelteffekte der Industrialisierung

Zusätzlich wirken klimatische Effekte auf landschaftlicher und biotischer Ebene.

Industrialisierung

Neben dem Platzbedarf der Industrialisierung, bei dem landwirtschaftliche sowie forstwirtschaftliche Flächen umgewandelt wurden, also verloren gingen, waren und sind die chemischen Belastungen wirksam für Flora und Fauna. Es sind aber auch Auswirkungen auf landschaftlicher, also größerer Ebene zu erwähnen: die Umwandlungen der Wälder in Forste, großflächige Wasserregulierungen für Transportzwecke sowie neue aquatische und atmosphärische Belastungen. Diese verändern die Landschaft und ihr Artenspektrum (Ellenberg, 1996: 55-58, 73-100). Siehe hierzu auch Abb. A-25 und A-26.

Aufbau und Ausbau der Energie- und Verkehrsinfrastruktur:

Zum einen sind Zerschneidungseffekte grundsätzliches Resultat des Ausbaus von Autobahnen und Schienennetzen (Mader, 1984; Adamski und Ćmiel, 2014). Dies hat neben Isolations-effekten für Populationen wenig mobiler Fauna die Folge, dass Lebensräume für wandernde Arten, solche die größere Lebensräume beanspruchen oder sensibel auf Störungen reagieren

verkleinert wurden. Zum anderen sind durch den Ausbau der Verkehrsinfrastruktur neue Ausbreitungskorridore entstanden, entlang derer sowohl europäische Arten aber auch Neophyten neue Lebensräume erschließen (Dierschke, 1994: 60-65; Dudek, 2015).

Agrarstruktureller Wandel

Abnahme der Grünland-, Heide- und Weideflächen, Veränderung der Weidebewirtschaftung, Schlagvergrößerungen von Ackerflächen, Flurneuordnungen und -bereinigungen, der Einsatz neuer Maschinen und Techniken, Einsatz von chemischen Wirkstoffen, Veränderungen im Anbauspektrum und andere Faktoren sowie die allgemeine Entkopplung der Landnutzung von natürlichen Standortfaktoren führten insbesondere und vielerorts zu einschneidenden landschaftlichen Veränderungen und damit auch zur Veränderungen lokaler, regionaler und überregionaler Flora und Fauna. Vielerorts sind sie stark dezimiert, vom Aussterben bedroht oder in einigen Teilen Europas bereits ausgestorben (Poschlod, 2017: 115-184). So sind an ältere und andere als derzeit aktuelle Landnutzungsmuster angepasste oder kulturfolgende Arten entweder verschwunden oder sind durch andere Arten ersetzt worden (ebenda; Schroeder, 1998: 403-407; Wittig, 2012: 90-102). Siehe hierzu auch Abbildung A-26 und A-17.

Diszessive Sukzessionen von Pflanzengesellschaften sind beobachtete langfristige Phänomene, die u.a. durch Veränderungen abiotischer Bedingungen aber insbesondere durch soziologische Verarmung und Veränderungen induziert werden. Diese wirken auch auf landschaftlicher Ebene und können durch landwirtschaftliche Nutzungsänderungen induziert werden (Dierschke, 1994: 463-467). Hierbei kann es auch zu einer Apophytisierung (Standortübergang bzw. Gesellschaftswechsel) kommen (Wittig, 2012: 92f).

Urbanisierung

Die flächenhafte Ausdehnung von Städten und zunehmende Urbanisierung der Bevölkerung seit Beginn der Industrialisierung erhöhte v.a. den Druck auf Flora und Fauna sowie die Umweltmedien Luft, Wasser und Boden in den Städten und durch die Städte. Die entstandenen Ballungszentren schufen eigene Stadtlandschaften inklusive ihrer Umweltfolgen durch Bevölkerung, Industrie und Handel. So ist v.a. Abwasser mit Urbanisierung und Industrialisierung verbunden und auch fernwirkend (Becker, 2006: 5-10).

Die Urbanisierung zerstörte vorhandene und schuf aber auch neue Lebensräume für anpassungsfähige Arten. Es etablierte sich eine jeweils regionaltypische Stadtvegetation

(Ellenberg, 1996: 905-913), die als Sonderformen ruderal beeinflusster Standorte, wie Schuttplätze, Raine, Äcker, Gärten oder Weinberge oder auch von Parkanlagen anzusehen sind (Ellenberg, 1996: 862-905). Siehe hierzu auch Kapitel 2.5.2.

Umweltgesetzgebung und Ökologisierung

Durch allgemeine gesellschaftliche und wissenschaftliche Diskussionen um die Auswirkungen landschaftlicher und biotischer Veränderungen und Folgen (Ratcliffe, 1967; Meador, 1996) sind v.a. seit den 1970er Jahren in Mitteleuropa Gesetze entstanden, die die negativen Auswirkungen der vorangegangenen Jahrzehnten eindämmen sollten (Müller, 2009). So sind Grenzwerte für chemische Belastungen der Umweltmedien Luft, Wasser und Boden eingeführt worden, die sukzessive strenger wurden, aber auch Vorgaben und Verfahren wie mit Kontaminationen und Altlasten umzugehen ist (Schlottau, 2009). Zudem sind Regelungen und Gesetze etabliert worden, die auf landschaftlicher Ebene wirken, um z.B. negative Folgen von Flurbereinigungen und Verkehrsinfrastrukturprojekten auf Flora und Fauna zu verringern oder die Folgen von Vorhaben abzuschätzen (Kapitel 2.4.3.1 sowie 2.4.3.2). Landschaftsplanung, als staatliche Aufgabe, wird seitdem unter ökologischen Aspekten neu gedacht (Trepl, 2012: 222-238). Technischer Umweltschutz wird Planungsgrundsatz, wodurch Umweltauflagen für Industrie und Landwirtschaft, aber auch für Städte, Gemeinde und Kommunen, etabliert wurden.

Klimatische Faktoren

Seit dem Ende der mitteleuropäischen kleinen Eiszeit Anfang/ Mitte des 19. Jahrhunderts (Ljungqvist *et al.*, 2012) sind insbesondere in Nord- und dem westlichen Mitteleuropa sowohl zunehmende Jahresdurchschnittstemperaturen als auch erhöhte Jahresniederschläge beobachtet worden (EEA und Office for Official Publications of the European Communities, 2008: 5, 9f). Insbesondere seit Mitte des 20. Jahrhunderts sind parallel zu sich erhöhenden Temperaturen vermehrt Ausbreitungstendenzen wärmeliebender mediterraner, pannonischer oder pontischer Arten nach Mitteleuropa zu verzeichnen. Zum Teil sind diese Tendenzen aber auch an infrastrukturelle Aspekte gekoppelt (Dierschke, 1994: 60-65; Dudek, 2015; Poschlod, 2017: 86-96).

2.1.3.3 Wandel der Landschaftsbilder und Landschaftswahrnehmung in Deutschland

Mit Landschaft verband man über längere Zeit ein Bild der durch menschliche Nutzung und Gestaltung geschaffenen Natur, wobei eine ganzheitlich-ästhetische Sichtweise auch von

Alexander von Humboldt in seinen wissenschaftlichen Auseinandersetzungen zur Landschaft Anfang des 19. Jahrhunderts weitestgehend beibehalten wurde und nahezu deckungsgleich zum Landschaftsbegriff der Malerei und Kunsttheorie war. Etymologische Ähnlichkeiten in den germanischen Sprachfamilien weisen auf den ersten Aspekt noch immer hin. Erst mit den folgenden Dekaden und Jahrhunderten wandelte sich diese Sichtweise sukzessive (s.u.) zu einer kausalanalytisch-genetischen Sichtweise, welche spätestens seit Mitte des 20. Jahrhunderts Teilwissenschaft der Ökologie wurde, was durch Begriffe wie Landschaftsökologie und Landschaftsökosystem verdeutlicht wird (Steinhardt et al., 2012: 23f).

Trepl (2012) beleuchtet in seinem Werk die Idee, das Wesen und die Wahrnehmung von Landschaft insbesondere im mitteleuropäischen und deutschen Vergleich von der Aufklärung bis hin zur jüngeren Ökologiebewegung der Nachkriegszeit in Deutschland. Er stellt fest, dass mit Landschaft vorrangig die Idee einer komplexen Vorstellung gemeint ist und wird. Diese Idee ist gedanklich an einen Gegenstand gebunden, der wiederum mit einer Idee d.h. mit Vorstellungen verbunden ist (ebenda: 10). Diese Aspekte variieren über längere Zeiträume und sind an geistesgeschichtliche und philosophische Strömungen aber auch an gesellschaftliche Erfordernisse und Veränderungen verknüpft und mit diesen auf vielschichtige Weise verwoben. Zu ähnlichen Schlussfolgerungen kommen auch Steinhardt *et al.* (2012). Trepl unterscheidet Landschaft in Landschaft₁, als ästhetische, situative subjektiv erlebbare Landschaft, und Landschaft₂, die Objektlandschaft (Trepl, 2012: 18-22), welche vorrangiger Fokus der Naturwissenschaften ist.

Da die Landschaft, als Teil des sphärisch definierbaren Systems Erde, stets eine ästhetische Komponente hat, da sie immer auch in bestimmter Weise beschaffen sein soll, kann diese, falls sie negativ verändert wird, gewissermaßen auch zerstört werden. Trepl (2012: 12) benutzt hier durchaus bewusst den Vergleich mit einem Gemälde, welches als ästhetisch wirkender Gegenstand, dem übrigens auch eine Idee innewohnt, auch zerstört werden kann. Er bezieht sich in seiner Analogie auch auf die Entstehung des landschaftlichen Blickes in der Malerei des Spätmittelalters bis hin zur Renaissance, welcher die Wahrnehmung und Gestaltung von Landschaft, z.B. durch Landschaftsgärten, über mehrere Jahrhunderte prägte. Dabei sind erste Idealtypen wie die der arkadischen Landschaften und erste Aspekte des späteren ästhetisch Erhabenen entstanden (Trepl, 2012: 109ff). Dies ist die Landschaft₁, die ästhetische, situative und subjektiv erlebbare Landschaft.

Ebenso ist die Wahrnehmung, die Darstellung sowie das Bedürfnis von Landschaft eng an die Urbanisierung gebunden, da Landschaft vorrangig nur für die neue aufkommende Stadtbevölkerung des ausgehenden Mittelalters arbeitsentlastete Natur bedeuten konnte und quasi als Reaktion auf den technisch-gesellschaftlichen Fortschritt entstand (Trepl, 2012: 61).

Während der Zeit der Aufklärung spielt Landschaft nur in der demokratischen, und nicht in der liberalen (englischen), Variante eine Rolle, da sie und das vielfältige Verbundensein mit ihr, z.B. durch spazieren, malen und schreiben, der Erziehung des Menschen zur Tugend dienen sollte, da es hier eine enge Verbindung des Moralischen mit dem Ästhetischen sowie dem Erhabenen gab. Die barocken französischen Landschaftsgärten waren aus bürgerlicher Perspektive unfrei an Natürlichem und repräsentierten den Unterwerfungsanspruch der absolutistischen Herrscher. Die Naturraum- und Gartengestaltung der demokratischen Aufklärung versuchte, die freie und wilde Natur harmonisch zu gestalten und z.B. durch vielfältige Sichtachsen vielfältig erlebbar zu machen und damit zu dynamisieren, ohne sie zu überformen (Trepl, 2012: 93ff). Zugleich wurde das bäuerliche Leben idealisiert und z.B. mittels *ornamental farms* in solche idealtypischen Landschaften integriert (ebenda).

Wildnis wird in der (deutschen) Romantik erstmals als attraktive Gegenwelt (zur menschlichen Vernunft) entdeckt, und kann als Reaktion auf die „*Entzauberung der Welt durch die Aufklärung*“ (Trepl, 2012: 122ff) interpretiert werden. Kulturlandschaft (die Landschaft der Aufklärung) ist in der Romantik „*harmlose, berechenbare und bis zu Reizlosigkeit vertraute Natur*“ (Vicenzotti, 2010: 161 in Trepl, 2012: 131) und die freie, ungeformte, zügellose, wilde Natur erlangt Bedeutung für die Landschaftswahrnehmung und -gestaltung der Romantik. Ebenso nimmt die Gestaltung der Landschaft die *Fernsehnsucht* mittels unüberbrückbarer Hindernisse oder unverbauter, ferner Horizonte als landschaftsgestalterische Form mit auf.

Der Umgang mit der Landschaft während des Nationalsozialismus war im Gegensatz zu vorherigen Zeiträumen in erster Linie dadurch gekennzeichnet, dass Landschaftsplanung und Landschaftsgestaltung gesamtstaatlich-planerische sowie stark ideologisierte Aufgabe wurde. Die Landschaft (Landschaft₁ und Landschaft₂) selber wurde Teil der Blut-und-Boden-Ideologie und war Pfeiler einer völkischen Heimatidee. Der technische Fortschritt wurde im Gegensatz zu konservativen Landschaftswahrnehmung des späten 19. und frühen 20. Jahrhunderts nicht als Gefahr für die Landschaft betrachtet worden, sondern war ein wichtiger Teil der rassistischen Ideologie, die die Wiedervereinigung von Heimat (Land und Landschaft) und (völkischer) Gesellschaft in eine, im wesentlichen Kern auf Herder's Aufklärungskritik und

nationalem Patriotismus basierende (Drexler, 2009: 147-149; Kirchhoff und Trepl, 2009: 39f), „*Land-und-Leute-Einheit*“ propagierte und umsetzte (Trepl, 2012: 189ff): Der Siedler der „*germanischen Rasse*“ der NS Ideologie, erkennt die Natur (an), stellt sich ihr und überwindet sie letztendlich und [die Siedler-Rasse] wird dadurch reiner und stärker und zur „*Herrenrasse*“, im Gegensatz zu „*Nomadenrassen*“, die die Natur nur nutzen, sich ihr ergeben und dadurch verweichlichen (ebenda: 199ff). Erstere ‚Rasse‘ ist daher auch gekennzeichnet und geformt durch die Landschaft. Im Gegensatz zu vorangegangenen Epochen werden Natur und Landschaft durch Technik nicht nur gestaltet, sondern hergestellt und verschönert, z.B. durch Autobahnen, wohingegen Landschaftszerstörungen durch Industrielandschaften Produkt fremder (semitischer) Nomadenvölker oder „*ostischer*“ (sic!) ‚Rassen‘ ist (ebenda: 204). Durch Umgestaltungen, vor allem eroberter Gebiete, ist eine deutsche Landschaft herzustellen, da die vorhandene Landschaft bedingt durch das „*kulturelle Unvermögen fremden Volkstums vernachlässigt, verödet und durch Raubbau verwüstet*“ ist (ebenda: 207). Unter diesen Aspekten erhielt die Landespflege als bereits existente wissenschaftliche Landschaftsgestaltung ihre neue Prägung: eine Planungswissenschaft im politisch-gesellschaftlichem Kontext ohne den künstlerisch-gestalterischen Aspekt der Landschaftsarchitektur (ebenda: 207f). Infolgedessen wurde die „*deutsche Landschaft*“ und ihre Elemente (Wälder, Waldstreifen etc.) typisiert und erforscht, wie diese (mit technischen Mitteln) herzustellen ist.

Spezifisch ist also für die Zeit des deutschen Nationalsozialismus die Herstellung von „*deutschen Landschaften*“ mittels einer technisch-naturwissenschaftlich orientierten Landespflege und weniger der Schutz der „*Heimatlandschaft*“ (ebenda: 207f). Naturwissenschaftliche Fachgebiete wie Bodenkunde, Klimatologie und Pflanzensoziologie wurden für die Umsetzung einer modernen, funktionierenden und sich weiterentwickelnden Wirtschaftslandschaft gebraucht, um infrastrukturelle Entwicklungen und gesamtplanerische Zielsetzungen umzusetzen (ebenda: 210). Zugleich erfuhr aber auch der bereits seit 1906 in Preußen vorhandene Naturschutz, als Teil des Heimatschutzes der gewachsenen „*deutschen Landschaft*“, in seinen (teilweise bis heute existenten) naturwissenschaftlichen Prägungen eine Aufwertung und wurde Bestandteil der NS-Planungsideologie (ebenda: 201f).

In der Nachkriegszeit sind v.a. in Westdeutschland folgende Aspekte in der Landespflege zu berücksichtigen: der Versuch einer Abkehr von nationalsozialistischen Ideen (in der Landespflege und Raumentwicklung) als auch eine Rückkehr zur konservativen Zivilisationskritik. Ökologie als Naturwissenschaft wird, wie es allerdings bereits im Nationalsozialismus initiiert wurde, zudem Haupttreiber der Landschaftswahrnehmung und -

gestaltung und verringerte dabei weiter den Einfluss künstlerisch-ästhetischer Aspekte der Gestaltung der Landschaft. Zugleich verstärkt sich der Anspruch einer staatlich gelenkten und umfassenden Planung der Landschaft und dessen ästhetisch-kulturelles Wesen verschwindet in einer allgemeinen Umwelt- und Ökologiediskussion. Aspekte der arbeitsentlasteten Natur (s.o.) sind allerdings, diesmal als Aspekt der Erholungswirksamkeit, weiterhin vorhanden (Trepl, 2012: 215ff). Zugleich wird Landschaft vermehrt als Ökosystem begriffen, teilweise semantisch sogar ersetzt oder gleichgestellt. Bereits vorhandene Landschaftsschutzgebiete, Schutzkategorie seit 1935, sollten weiterhin erhalten werden und neue Kategorien wurde sukzessive eingeführt (siehe auch Kapitel 2.5.4).

2.1.4 Europäische Landschafts- und Naturwahrnehmung im Vergleich

Landschaft ist in den germanischen Sprachfamilien etymologisch ähnlich und verweist hier auf den durch Menschen erschaffenen Charakter: aus *Land* wird *Landschaft*. Landschaft ist im aktuellen deutschen Sprachgebrauch sowohl ästhetisch als auch objektbezogen konnotiert und kann daher Gegend und/ oder ein bestimmtes Erscheinungsbild bedeuten. Im aktuellen englischen Sprachgebrauch wird mit *landscape*, trotz der semantischen Ähnlichkeit zum Deutschen, vorrangig eine ästhetische Bewertung einer ländlichen Gegend vorgenommen und ist also eine Ansicht und nicht eine Gegend. Entgegengesetzte Bedeutung hat *landscape* im amerikanischen Sprachgebrauch (Drexler, 2009: 12-16). In den lateinischen Sprachfamilien bezieht sich der Begriff für Landschaft auf das Dörfliche (*pagus*) (Steinhardt *et al.*, 2012: 26f). Im Französischen bezieht sich *paysage* sich hier aber vornehmlich auf ästhetische Aspekte, die zwingend einen Betrachter brauchen. *Campagne* ist hier der Begriff für eine offene Kulturlandschaft, die zudem im Gegensatz zur Stadt steht, aber auch ansässige Siedlungen und deren Menschen einbezieht (Drexler, 2009: 17-19). Im Griechischen bezeichnet χωρά den Gegensatz zur Stadt, da dies der Begriff für das Land ist, welches die Stadt umgibt (Steinhardt *et al.*, 2012: 26f). Die Zweiteilung der Bedeutungen geographisch verortbarer Regionen/ Gegenden und künstlerisch-ästhetisch bildhafter Aspekte des einzelnen deutschen Begriffes „Landschaft“ wird u.a. auch im Russischen und Polnischen mit ландшафт und пейзаж bzw. krajobraz und pejzaż vorgenommen. Der Begriff táj (Landschaft) hat im Ungarischen v.a. den Sinn einer kultivierten Natur bzw. verweist auf die natürlichen Gegebenheiten einer bewohnten und kultivierten Gegend (Drexler, 2009: 23-25). Zur genaueren Teilbedeutung verschiedener landschaftlicher Begriffe ausgewählter europäischer Sprachen siehe Drexler (2009: 7-38).

Für das Begreifen und das Beschreiben von Landschaft (in der mehrfachen deutschen Bedeutung) auf europäischer oder grenzüberschreitender Ebenen ist es also erforderlich, den sprachlichen und kulturellen Kontext zu beachten. Zusätzlich kommen hier historisch bedingte kulturelle Besonderheiten hinzu, die das aktuelle gesellschaftliche Verhältnis zur Landschaft und damit auch zur Natur (Biosphäre) erklärbarer und verständlicher machen: *„Die Bildhaftigkeit und Ländlichkeit (im Sinne des nicht städtischen Charakters) der englischen und französischen Landschaftsauffassungen wurzelt in den bürgerlich-liberalen Landschaftsauffassungen der jeweiligen Entstehungszeiten von »landscape« und »paysage«. Die Objektivität und Ländlichkeit (im Sinne von bäuerlichem Landleben) des deutschen Landschaftsbegriffes kann auf die gegenaufklärerische Idee von »Landschaft« zurückgeführt werden. Die Bedeutungen des ungarischen Landschaftswortes táj stammen aus den ständischen, bürgerlich-liberalen und republikanischen »táj«-Auffassungen der ungarischen Reformzeit und insbesondere aus den nationalen Bestrebungen dieser Zeit. [...] Weil Landschaft (in England und Frankreich) nach einer bestimmten Zeit (Etablierung der bürgerlichen Gesellschaft) keine große gesellschaftliche Relevanz (als Symbol im Rahmen mächtiger gesellschaftlicher Bewegungen) mehr hatte, hat sich ihre Bedeutung bis heute nicht mehr stark verändert, und darum ist die letzte Phase der Entstehungszeiten der Landschaftsauffassungen – die Phase vor jenem Irrelevant-Werden – für das heutige Landschaftsverständnis entscheidend. Die letzten Landschaftsauffassungen der Entstehungszeit prägen das heutige Verständnis von Landschaft in Deutschland und Ungarn ebenfalls, auch wenn es in diesen Ländern später weitere Entwicklungen in der Bedeutung von Landschaft gab.“* (Drexler, 2009: 231).

Am Beispiel von Deutschland, Frankreich, England und Ungarn wird deutlich, dass Landschafts- und damit auch die Naturwahrnehmung der Jetztzeit in den verschiedenen Kultur- und Sprachkreisen unterschiedliche kulturhistorische Ursachen haben. Das deutsche Landschaftsverständnis ist stark durch die Gegenaufklärung und Romantik geprägt und ist bis heute bild- und vor allem objekthaft (Drexler, 2009: 225f). Die französische Landschaft *paysage* war und ist *„immer eine von Menschen und beherrschte und im Endeffekt künstliche gestaltete bzw. gestaltbare Natur“* welche zwar vor allem in ländlichen Regionen liegt, aber auch in der Stadt oder Teil der Stadt sein kann (Drexler, 2009: 223). Zugleich ist die französische Landschaft im Vergleich zur deutschen Landschaft tendenziell bildhafter.

Kulturelle Wahrnehmungsmuster wirken unbewusst und erscheinen als selbstverständlich gegeben. Diese Unmittelbarkeit bzw. zweite Natur des Menschen (Testa 2008 in Kirchhoff,

2014) muss daher zwingend bei raumplanerischen Aktivitäten, so auch bei der Naturraumentwicklung, berücksichtigt werden. Am Beispiel konnte gezeigt werden, dass es keine einheitlichen historisch begründbaren Wahrnehmungsmuster innerhalb Europas zur Landschaft gibt, höchstensfalls historisch bedingte Ähnlichkeiten bzw. Überschneidungen. Hier sei beispielhaft auf die Wirkung der Herder'schen Philosophie auf die Landschaftswahrnehmung und das Landschaftsverständnis im Ungarn des frühen 19. Jahrhunderts verwiesen (Drexler, 2009: 191ff).

Zu prinzipiell ähnlichen Aussagen kommen Kirchhoff und Vicenzotti (2014). Hier wird auf den kulturell unterschiedlichen Wertekanon sowie auf die resultierenden gesellschaftlichen Normative in Bezug zur Natur- und Wildniswahrnehmung innerhalb Europas verwiesen. Diese müssen daher bei der Naturraumentwicklung mit berücksichtigt werden. Ebenso müssen quasi importierte Vorstellungen und Normative, z.B. die der US-amerikanischen Wildnisforschung und -wahrnehmung kritisch gesehen werden und sind daher nicht analog und unverändert auf europäische Aspekte übertragbar, gerade weil der europäische Kontinent eine durchweg menschengeprägte Kulturlandschaft ist.

2.2 Ökosystemtypen und natürliche Lebensgemeinschaften

Mitteleuropas

2.2.1 Klassifizierungsansätze und –systematiken

2.2.1.1 Biogeographische, geobotanische und pflanzensoziologische Grundlagen

Biogeographie und Geobotanik

Die Biogeographie untersucht das Auftreten und die Verbreitung von Arten, Gemeinschaften und Ökosystemen im geographischen Maßstab. Zeitliche Aspekte können noch hinzukommen. Es können dabei sowohl floristische (Vegetationsgeographie) als auch faunistische (Zoogeographie) Aspekte bzw. Muster berücksichtigt oder fokussiert werden.

Die Geobotanik berücksichtigt im Vergleich zur Vegetationsgeographie eher standörtliche und daher kleinräumigere Faktoren wie Bodenverhältnisse, Licht und Wasser als Basis und Ursache der Vorkommen und der Verbreitung von Arten und Gemeinschaften.

Zonale Modelle und geographische Klassifizierungen

Es existieren verschiedene Ansätze, die das terrestrische Ökosystem der Erde klassifizieren (FAO, 2012). Dabei werden abiotische klimatische Eigenschaften, mit biotischen Aspekten, wie den geographischen Verteilungsmustern floristischer Elemente, durch biogeographische Interpretationen miteinander in Verbindung gesetzt. Im Folgenden werden die bekannten und für die Arbeit als relevant erachteten Einteilungen kurz dargestellt.

Florenreiche, Teilgebiete und Faunenprovinzen

Die Flora der Welt kann in sechs selbstständige Florenreiche eingeteilt werden (Abb. A-8). Zu anderen Einteilungsmöglichkeiten und deren Historie siehe Schroeder (1998: 89–101). Durch verschiedene Ursachen, z.B. natürliche Grenzen wie Gebirge oder Ozeane, kommen bestimmte Florenelemente nur in diesen vor (Dierschke, 1994: 533f; Schroeder, 1998: 101–107). Diese Florenreiche können nochmals mit abnehmender geographischer Größe und unterschiedlicher Florencharakteristik nach den Vorschlägen von Braun-Blanquet und Schmitthüsen in Vegetationskreise, -provinzen, -bezirke und -distrikte unterteilt werden (Dierschke, 1994: 532f). Abbildung A-9 gibt einen Überblick über eine mögliche Einteilung Europas.

Äquivalent dazu gibt es Faunenprovinzen (Abb. A-10), bei denen das geographische Auftreten bestimmter Taxa Basis einer Zonierung der terrestrischen Fauna ist (Darlington, Jr., 1957).

Heutige potentielle natürliche Vegetation (HPNV)

Das Konzept der Heutigen potentiellen natürlichen Vegetation (HPNV) soll darstellen, welche Wuchslandschaften und natürlichen Vegetationsgebiete (Dierschke, 1994: 530) in einer geographischen Region vorzufinden wären oder sind. Hierfür werden durch synsoziologische und synchorische Untersuchungen und Auswertungen (Kapitel 2.2.1.3) mittels Inventarlisten typische geographische Gesellschafts-inventare zusammengestellt. Dabei werden auch horizontale und vertikale Verteilungsmuster sowie abiotische Faktoren, wie Ozeanitäten und Temperaturbedürftigkeiten (Abb. A-8, A-13, A-14), mit berücksichtigt (Dierschke, 1994: 515–616; Bohn und Neuhäusl, 2004; Bohn *et al.*, 2005).

Die HPNV eines Gebietes ist die Summe aller denkbaren Klimax- bzw. Dauergesellschaften, denen sich bestimmte Ersatzgesellschaften zuordnen lassen. Gesellschaften der HPNV haben hypothetischen Charakter. Zu ihnen gehören vorrangig Waldgesellschaften, aber auch Stadien

der natürlichen Primärsukzession sowie Gesellschaften, die durch starke Veränderungen z.B. Erosionen, Sedimentation oder Eutrophierung bedingt sind (Dierschke, 1994: 444ff).

Klimaxgesellschaften und Sukzession

Das Konzept der Klimaxvegetation besagt, dass in definierbaren geographischen Arealen bestimmte Pflanzengesellschaften als Endstadium einer Entwicklungsserie (Sukzession) entstehen, wobei das Großklima den höchsten Rang der Standortfaktoren einnimmt (Schroeder, 1998: 60). Nach Whittaker (1974) (in Dierschke, 1994: 443) existieren drei Hauptrichtungen: die sich selbst erhaltende stabile Gesellschaft, das Endstadium von Sukzessionsserien sowie die räumlich vorherrschende klimatisch bedingte Schlussgesellschaft. Darüber hinaus existieren weitere Ansätze und Theorien, wie Monoklimaxe, Klimaxgruppen, Paraklimaxe, Polyklimax-Theorien sowie das Mosaik-Zyklus-Konzept, wobei aber bei allen die Unterscheidung zwischen Klimax- und Dauergesellschaften unklar bleibt (Dierschke, 1994: 443f). Im Einzelfall sind daher Ansätze der Klimaxtheorie für die Interpretation örtlicher Situationen zu prüfen und ggf. durch andere dynamischere Konzepte zu ersetzen. Hierbei spielen zusätzlich noch zonale und extrazonale Überlegungen und Aspekte (Dierschke, 1994: 420) bei der Beurteilung von Klimax- oder Dauergesellschaften eine Rolle, da unter anderem edaphische Faktoren zonale Ausbildungen abwandeln (Schroeder, 1998: 61).

Im Allgemeinen wird unter Sukzession die Veränderung der Pflanzendecke bzw. die Vegetationsdynamik in einem Top, einem geographischen Areal oder einer (biogeographischen) Region verstanden. Diese kann nach auslösenden oder kontrollierenden Faktoren, nach der Richtung des Ablaufes (progressiv und regressiv), nach räumlichen Aspekten sowie nach zeitlichen Aspekten beurteilt und interpretiert werden. Treiber und Ursachen einer Sukzession können dabei sowohl exogen, z.B. Brandrodung, als auch endogen, z.B. Artenverlust oder Artenintrusion, sein. Vereinfacht lässt sich eine Sukzession durch die zeitliche Abfolge von Pioniergesellschaften über Folgegesellschaften zu Schlussgesellschaften beschreiben. Dabei existieren natürliche Formen der Sukzession (Primärsukzession) als auch (exogen) beeinflusste Formen der Sekundärsukzession. (Dierschke, 1994: 392-476). Die natürlich postglaziale Wiederbewaldung (Primärsukzession) wird als säkulare Sukzession bezeichnet (Schroeder, 1998: 65). Abb. A-11 zeigt einen progressiven und regressiven Sekundärsukzessionsprozess eines mediterranen Steineichenwaldes, Abb. A-18 eine schematische Übersicht der Grundzüge des Ablaufes einer Primärsukzession.

Biogeographische Großregionen Europas

Die Unterteilung Europas in biogeographische Regionen (Abb. A-9) ist u.a. begründet durch großklimatische Faktoren wie Temperatur, Niederschlag und Kontinentalität, da typische Verbreitungsschwerpunkte und Verteilungsmuster von Pflanzenarten und Pflanzengemeinschaften aber auch faunistischer Elemente in Wechselwirkung mit diesen abiotischen Faktoren stehen bzw. von diesen abhängen (Dierschke, 1994; Ellenberg, 1996; Ellenberg *et al.*, 2001: 9–66).

Die biogeographischen Regionen in ihrer derzeit gültigen Einteilung (EEA, 2016) basieren u.a. auf dem Konzept der HPNV (Bohn und Neuhäusl, 2004; Bohn *et al.*, 2005) und seiner Vorläufer (Tüxen und Preising, 1956). Diese Einteilung stützt unter anderem das NATURA2000 System auf Basis der FFH-Richtlinie (Evans, 2005).

Globale ökologische Zonierung nach FAO

Im Rahmen des „*Global Forest Resources Assessment 2000*“ wurde ein globales ökologisches Zonierungs- und Klassifizierungssystem entwickelt, das nationale sowie überregionale Ansätze einer potentiellen natürlichen Vegetation, globale Klimazonen nach Köppen-Trewartha und physiographische Aspekte verknüpft (FAO, 2001). Es entstand ein Modell mit 20 globalen ökologischen Zonen und detaillierten Charakteristika der Waldsysteme auf globaler und kontinentaler Ebene. Abb. A-12 stellt die FAO-Ökozonen Europas dar.

2.2.1.2 Das Landschaftsökosystem und seine Elemente

Das Landschaftsökosystem und dessen Klassifizierungsmöglichkeiten

Ein Landschaftsökosystem besteht aus diversen Elementen und Sphären. Grundsätzlich sind diese Sphären in Kulturräum (Anthroposphäre) und Naturraum (Natursphäre) unterteilbar, bilden aber ein wechselwirkendes Ganzes (Kapitel 2.1.2.1). Diese Sphären lassen sich noch weiter unterteilen. In seiner Komplexität besteht das Landschaftsökosystem aus einer Vielzahl einzelner Kompartimente und Einheiten, die in sich quasi homogen sind, sich aber von anderen in bestimmten Aspekten unterscheiden (Bastian *et al.*, 2002: 113ff).

Landschaftsökosysteme sind im größeren räumlichen Zusammenhang als ein Mosaik einzelner Ökotope aufzufassen, welche einen heterogenen Landschaftskomplex, die Ökochore, bilden.

Diese kann hierarchisch unterteilt und in Mosaike aggregiert werden (Makro-, Mesochore etc.). Die Subchoren sind in sich quasi homogen und distinkt von anderen (Bastian *et al.*, 2002: 64f).

Biotop

Ein Biotop ist nach Haeupler (2002) vor allem ein „rangloser Oberbegriff für alle wie auch immer abgrenzbaren Räume auf unserer Erde, in denen Leben stattfindet [...]“.

In der Ersterwähnung des Begriffes „Biotop“ enthält dieses nach Dahl (1908) sowohl Pflanzen als auch Tierarten. Das Biotop ist die kleinste räumliche Einheit der Biosphäre und ist in seiner Artenzusammensetzung distinkt gegenüber anderen Biotopen und „*das gemeinsame Habitat vieler Arten*“ (Wagenitz, 1996 in Haeupler, 2002). Ein Biotop ist ein „*Lebensraum einer Lebensgemeinschaft (Biozönose im Sinne einer regelmäßig wiederkehrenden Lebensgemeinschaft) von bestimmter Mindestgröße und einheitlicher, gegen die Umgebung abgrenzbarer Beschaffenheit*“ (Pott, 1996 in Köstler *et al.*, 2005: 4) und wird in seiner räumlichen und funktionalen Eigenschaft und Charakteristik als Kartiergrundlage verwendet. Biotope können daher unterschiedlich groß sein, unterschiedliche Artenzusammensetzungen und Artenanzahl haben, natürlichen oder anthropogenen Ursprungs sein sowie auf „allen Organisationsebenen des Lebens“ (Haeupler, 2002) vorkommen. Durch die Ambivalenz und Komplexität des Begriffes ist es ratsam, nähere Informationen für eine Präzisierung zu geben (ebenda), da der Begriff „Biotop“ sowohl ökologisch-funktionale als auch räumlich-geographische Aspekte umfassen sowie verschiedene methodische Ansätze repräsentieren kann. Als Beispiel ist das Biotop des „Ackerrandstreifens“ angrenzend an das Biotop „Acker“.

Habitat

Im Gegensatz zum Biotop hat das Habitat eine räumliche Komponente einer Art oder einer Lebensgemeinschaft. Ein Habitat einer Art oder Lebensgemeinschaft kann mehrere Biotope umfassen. Das Habitat der Feldmaus besteht in Anlehnung dazu beispielsweise aus den Biotopen Acker, Ackerrandstreifen und Feldhecke.

Bei sessilen Organismen, z.B. Pflanzen, werden Biotop und Habitat oftmals gleich verwendet und beschreiben den grundsätzlichen Lebensraum einer Art, welcher allerdings den abiotischen Aspekt des Standortes mit einschließt (Dierschke, 1994: 31).

Ökotope

Ökotope sind die kleinste landschaftliche Grundeinheit und dienen als konkretes räumliches Element der horizontalen Zonierung und Gliederung eines komplexen Landschaftsökosystems (Troll, 1950 in Bastian *et al.*, 2002: 62). Sie sind in sich quasi homogen und distinkt gegenüber umliegenden Strukturen. Sie beinhalten neben der biotischen Ausstattung des Biotops auch abiotische Faktoren, z.B. des Geotops. Zusätzlich können bestimmte Aspekte eines Ökotope besonders hervorgehoben (z.B. Zootop, Phytotop) werden, um ein etwaiges Kontinuum im Ökotope zu beschreiben (ebenda). Als vereinfachtes Beispiel ist die Feldhecke ein Ökotope, welches umgeben vom Acker-Ökotope wird. Das Phytotop der Feldhecke besteht z.B. aus diversen *Rubus spec.* Arten und *Sambucus nigra* in trockeneren Bereichen sowie einzelnen Exemplaren von *Salix spec.* in feuchteren Zonen.

Eine abweichende Definition geben Whittaker (1973), der im Ökotope die Interaktion von Arten zu biotischen und abiotischen Faktoren sieht. Zu weiteren Definitionen des Ökotope siehe Bastian *et al.* (2002: 60f).

Biotoptypen

Biotoptypen werden aus allen grundsätzlich ähnlichen Biotopen gebildet und sind in ihrer abiotischen und biotischen Ausstattung distinkt gegenüber anderen Biotoptypen. Die Begriffe „Ökotope“ der Troll’schen Definitionen und „Biotoptyp“ sind daher in ihrem Sinn analog verwendbar. Biotoptypen dienen der Beschreibung von räumlichen Verteilungsmustern in Landschaftskomplexen. Biotoptypen werden in der englischsprachigen Fachliteratur als meist als „*ecotope types*“ bezeichnet, können aber auch je nach verwendetem Konzept anders definiert werden (Bastian *et al.*, 2002: 63).

Nach Haeupler (2002) bedarf es keiner Zuordnung von Biotopen zu Biotoptypen, da das Biotop ranglos ist und der Oberbegriff auf allen Organisationsebenen anwendbar ist.

Biotoptypen in dem hier verwendeten Gebrauch entsprechen den Definitionen der Biotypenkartierung des Landes Brandenburg und Berlin. Ein Biotoptyp wird hier definiert als „*ein abstrahierter Typus aus der Gesamtheit gleichartiger Biotope mit weitgehend einheitlichen Voraussetzungen für die Lebensgemeinschaften. Es sind Lebensräume, die durch bestimmte Pflanzengesellschaften gekennzeichnet sind.*“ (Pott, 1996 in Köstler *et al.*, 2005: 4).

Geosigmeten

Geosigmeten werden oftmals analog zu Wuchs- bzw. Vegetationsgebieten in der Geo-Synsoziologie verwendet. Sie entsprechen einem floristischen Landschaftskomplex, welcher Ersatz- und Naturgesellschaften enthält. Geosigmeten sind ggf. nochmals unterteilbar, wobei das Gesellschaftsinventar nochmal spezifiziert wird (Dierschke, 1994: 522ff). Abbildung A-13 zeigt zur Verdeutlichung ein Geosigmetum an der Ostseeküste.

2.2.1.3 Pflanzensoziologische Klassifizierungen und Methodiken

Syntaxonomie

„Ein wesentlicher Gegenstand pflanzensoziologischer Arbeiten besteht darin, an konkreten Pflanzenbeständen im Gelände die abstrakten Vegetationseinheiten (Syntaxa) nach definierten Kriterien zu beschreiben und voneinander abzugrenzen“ (Pott, 1992: 32). Die Syntaxonomie ist daher als das Ergebnis des Versuches einer pflanzensoziologischen Systematisierung und Kategorisierung um- und beschreibbar. Hierbei werden analytische Merkmale, wie Abundanz, Dominanz, Frequenz, Soziabilität, Vitalität, sowie synthetische Merkmale, wie Gesellschaftstetigkeit und Gesellschaftstreue, Minimum-Areale von Arten und Bestände in Gesellschaften betrachtet. Die Auswertung von Vegetationsaufnahmen durch statistisch-mathematische Verfahren, wie Ermittlung der mittleren Artenzahl, des mittleren Deckungsgrades sowie der Berücksichtigung anderer ableitbarer Daten, z.B. ökologische Zeigerwerte, bildet dabei die Grundlage der Herausarbeitung eines „sauberen Typus“. Dabei werden u.a. diagnostische Arten von Pflanzenbeständen (Charakter- und Differentialarten) und damit von Gesellschaften ermittelt (Pott, 1992: 32ff; Dierschke, 1994: 270-350). Braun-Blanquet schuf ab den 1920er Jahren für Deutschland und Mitteleuropa die bislang gebräuchlichste Gesellschaftssystematisierung. Durch die relative lange wissenschaftliche Auseinandersetzung ist das System bzw. die Syntaxonomie für den deutschen und mitteleuropäischen Raum detailliert herausgearbeitet (Pott, 1992; Ellenberg, 1996).

Gesellschaftstreue ist, unabhängig vom Deckungsgrad der Art, die „Festigkeit“ der Bindung der Art an eine Gesellschaft und dient einer „mehrdimensionalen Gesellschaftsgliederung“ (Dierschke, 1994: 276), z.B. in Charakter-, Differential- und Begleitarten.

Charakterarten prägen eine Gesellschaft auf verschiedenen Ebenen einer Klassifikation durch ihre Stetigkeit und Gesellschaftstreue und sind dabei meistens Namensgeber der Hauptrangstufen. Sie sind aber nicht auf ein Syntaxon beschränkt.

Differentialarten von Gesellschaften und Gesellschaftskomplexen haben z.B. genetische, feuchtigkeitsbedingte, nährstoffbedingte oder geographische Ursachen ihrer An- oder Abwesenheit. Es lassen sich daher syntaxonomische, synökologische, synchorologische, syndynamische Typen von Differentialarten unterscheiden (Dierschke, 1994: 273f), die aber meist erst relevant unterhalb der Assoziationsebene werden (Dierschke, 1994: 303ff).

Begleitarten treten auf verschiedenen Ebenen der Gesellschaftskomplexe auf, sind aber in ihren erfassbaren Merkmalen, wie Stetigkeit, Abundanz indifferent (nicht gesellschaftsbestimmend).

Durch die mehrdimensionale Gesellschaftsgliederung der Syntaxonomie werden Gesellschaftskomplexe hierarchisch systematisiert. Hierbei wird nach dem System von Braun-Blanquet mittels Rangstufen die Hierarchie verbindlich festgelegt und syntaktisch identifizierbar gemacht:

Klassengruppe – Klasse – Ordnung – Verband – Assoziation

KG – K – O – V – A

-ea – -etea – -etalia – -ion – -etum.

Entsprechend der Klassifikation können Charakter- (C) oder Differentialarten (D) in verschiedenen Ebenen vorkommen z.B. CKG, DO usw. Charakter- und Differentialarten sind dabei in der Nomenklatur der Rangstufen namensgebend. Gegebenenfalls können neben den o.g. Hauptrangstufen Zwischenrangstufen notwendig werden (Dierschke, 1994: 294-297):

Unterverband – Unterordnung – Unterklasse

UV – UO – UK

-enion – -enalia – -enea

Es können allerdings auch Gesellschaften auftreten, die keine Charakterarten aufweisen, da diese oftmals sensible Standortzeiger sind, und damit eine syntaxonomische Eingliederung in das Braun-Blanquet System schwierig ist. Insbesondere betrifft dies (stark) anthropogen beeinflusste Standorte. Die Unvollständigkeit bzw. Abnormität der Gesellschaft z.B. auf Assoziationsebene wird durch die Begriffe Fragment-, Basal- und Derivatgesellschaft beschrieben. Ebenso erschweren Neophyta die Syntaxonomie (Dierschke, 1994: 322-326).

Synsoziologie

Die Synsoziologie ist die soziologische Erfassung und Auswertung von Vegetationskomplexen, mit zwei grundsätzlichen Ansätzen: der systematisierende und der naturräumliche Ansatz. Der systematisierende Ansatz bestimmt vor allem das Inventar in ökologisch homogenen Landschaftsteilen und arbeitet Komplextypen durch Vergleichsaufnahmen heraus. Der naturräumliche Ansatz erfasst und kartiert Vegetationskomplexe für eine naturräumliche Gliederung unter geomorphologischen oder Nutzungsaspekten (quasi) homogener Raumeinheiten bzw. benutzt Raster als Erfassungs- und Auswertungsbasis. Beide Verfahren versuchen Komplextypen (Sigmeten) zu identifizieren und in größere Einheiten (Geosigmeten) zusammenzufassen (Dierschke, 1994: 516ff). Abb. A-14 veranschaulicht hierbei das Konzept. Hierbei darf man auch nur mit lokalen Vegetationstypen arbeiten (Dierschke, 1994: 516-519).

Geosigmeten sind oftmals äquivalent zu Wuchs- oder Vegetationsgebieten, die somit vorherrschende Gesellschaften abbilden und Landschaftskomplexe inklusive aller Ersatz- und Naturgesellschaften umfassen. Die Beschreibung des Gesellschaftsinventars von Sigmeten und Geosigmeten lehnt sich dabei eng an die syntaxonomischen Übereinkünfte an bzw. übernimmt diese als Grundbaustein der Nomenklatur: Das Betulo-Querceto-Geosigmetum der nordwestdeutschen Altmoränengebiete enthält z.B. das Betulo-Querceto-, das Fraxino-Ulmeto- oder das Querco-Carpineto-Sigmetum (Dierschke, 1994: 522f).

Die Synsoziologie berücksichtigt entsprechend obiger Kurzdarstellung auch geographische Aspekte. Die verstärkte Berücksichtigung des geographischen Kontextes (Geosynsoziologie) versucht dabei mittels beschriebener Methodiken eine Landschaftsgliederung nach Wuchsformen und pflanzensoziologischen Aspekten zu erreichen.

Synchorologie

Die Synchorologie beschäftigt sich mit Fragestellungen räumlicher Beziehungen von Gesellschaftsarealen, d.h. mit Areal-Kerngebieten und Arealgrenzen, für das ein klares syntaxonomisches und großräumiges Bezugssystem notwendig ist. Dieses lässt sich erst durch großräumige pflanzensoziologische Untersuchungen herstellen (Dierschke, 1994: 576). Für übergeordnete Klassifizierungen dienen Arealdiagnosen, Arealtypen und Florenelemente. Arealdiagnosen nutzen geographisch bedingte abiotische Faktoren der Florenzonen (Abb. A-14), Ozeanität (Abb. A-13) und Höhenstufen (Dierschke, 1994: 537-546) zur Abgrenzung und Charakterisierung.

Arealtypen ergeben sich aus ähnlichen Arealdiagnosen. Nach Meusel und Jäger (1992) kann die mediterran-mitteleuropäische Flora in 12 Arealtypengruppen und insgesamt 130 Arealtypen unterteilt werden.

Mittels der Zuordnung von Florenelementen kann man insbesondere den Verbreitungsschwerpunkt bestimmter Arten einfacher darstellen als mit Arealtypen. Diese Arten sind also typisch für bestimmte Areale, bzw. kommen oft nur hier vor. Für Europa werden im Allgemeinen neun Florenelemente dargestellt und verwendet (basierend auf Walter & Straka (1970) in Schroeder (1998: 102); Dierschke, 1994: 585). Diese Florenelementbezeichnungen werden oft synonymhaft und äquivalent zu den in Kapitel 2.2.1.1 vorgestellten Florenprovinzen verwendet. Übergänge zu anderen Verbreitungsschwerpunkten kommen vor und sind mit dem Präfix „sub-“ kennzeichenbar, z.B. subpontisch-submediterranes Element. Schroeder (1998: 101) nennt 5 Florenelemente bzw. -regionen für Europa (Abb. A-15) und stellt z.B. die atlantische/ n Florenregion/ Florenelemente in den Rang einer Florenprovinz.

Tabelle 1: Florenelemente Europas und Beispiel typischer Arten, nach Dierschke (1994: 584-589)

Florenelemente	Beispiel
Arktisches Florenelement	Kraut-Weide (<i>Salix herbacea</i>)
Boreales Florenelement	Grau-Erle (<i>Alnus incana</i>)
Mitteleuropäische Florenelement	Rotbuche (<i>Fagus sylvatica</i>)
Atlantisches Florenelement	Graue Glockenheide (<i>Erica cinerea</i>)
Pontisches Florenelement	Frühlings-Adonis (<i>Adonis vernalis</i>)
Submediterranes Florenelement	Buxbaum (<i>Buxus sempervirens</i>)
Mediterranes Florenelement	Thymian (<i>Thymus vulgaris</i>)
Subsibirisches Florenelement	Raues Veilchen (<i>Viola hirta</i>)
Turanisches Florenelement	Sanddorn (<i>Hippophae rhamnoides</i>)

Ökologische Zeigerwerte

Das ökologische Verhalten von Gefäßpflanzenarten, v.a. des westlichen Mitteleuropas, gegenüber den abiotischen Faktoren Licht, Wärme, Kontinentalität, Feuchtigkeit, Bodenreaktion, Stickstoffversorgung sowie Salz- und Schwermetallgehalt wird durch sogenannte „Zeigerwerte“ dargestellt. Diese bilden das Auftreten der Arten in Konkurrenz-situation im Gelände ab und zeigen nicht den Anspruch einer Art an einen oder mehrere Umweltfaktoren. Ebenso bilden diese nicht das physiologische Optimum ab. Sie können daher u.a. zur ökologischen Kennzeichnung, Bewertung und (vorläufigen) Charakterisierung von Vegetationsaufnahmen und Beständen dienen (Ellenberg *et al.*, 2001: 11f).

Zusätzlich wird die Kulturabhängigkeit (Hemerobie) dieser Arten, deren Lebensformtypen nach Raunkiaer sowie deren soziologisches Verhalten abgebildet. Bei letzterem erfolgt die syntaxonomische Eingliederbarkeit der Spezies als Charakterart nach Braun-Blanquet in großen Teilen Mitteleuropas.

Durch die u.a. genetisch verschiedenen Ökotypen sowie groß- und kleinräumigen Variationen der Konkurrenzsituation in Beständen sind die Zeigerwerte nur Richtwerte und müssen daher zwingend fallgerecht bewertet und ggf. „nachgeeicht“ werden, auch scheinbar absolute arealgeographische Werte wie Kontinentalitäts- und Temperaturzahlen. Zur weiteren Präzisierung der Anwendbarkeit und Interpretation der ökologischen Zeigerwerte siehe Ellenberg *et. al* (2001: 25-66).

2.2.1.4 Biotoptypenklassifizierung

Mittels standort- aber vor allem vegetationskundlicher Aspekte werden Biotoptypen hierarchisch zu Gruppen (Biotopklassen) zusammengefasst (Haeupler, 2002; Köstler *et al.*, 2005). Aspekte der Gruppierung können hierbei die Art der Entstehung, Standortbedingungen, Nutzungsarten und räumliches Vorkommen sein.

In der Biotoptypenklassifizierung Brandenburgs und Berlins existieren zwölf Biotopklassen, die in Biotoptypen und deren Untertypen untergliedert werden. Hierbei werden v.a. Landschaftselemente, wie Gewässerarten oder Nutzungsarten, als Grundlage einer Aggregation verwendet. In den genannten Klassifizierungen repräsentieren spezielle Untertypen jeweils regionalspezifische Besonderheiten der Biotoptypen. Angaben zu den Biotoptypen enthalten neben allgemeinen Aussagen Details über kennzeichnende Vegetation und deren Arten sowie Angaben zu faunistischen Aspekten, die neben Leit- und Zielarten u.a. zwingende Hinweise auf Kartier- und Untersuchungsmethodiken und zu untersuchende Artengruppen liefern. Haeupler (2002) schlägt vier Biotopklassen bzw. Lebensräume vor, welche nach ihren abiotischen Standortbedingungen (halin, limnisch, semiterrestrisch und terrestrisch) aggregiert werden.

Tabelle 2: Biotopklassen Berlins, nach Köstler *et al.* (2004)

Fließgewässer	Standgewässer	Moore und Sümpfe
Zwergstrauchheiden	Grünland, Staudenfluren und Rasengesellschaften	Gebüsche, Baumreihen und Baumgruppen
Anthropogene Rohbodenstandorte und Ruderalfluren	Sonderbiotope	Bebaute Gebiete, Verkehrsanlagen und Sonderflächen
Wälder und Forsten	Äcker	Grün- und Freiflächen

Ebenso enthalten die Kartierschlüssel Brandenburgs und Berlins Aussagen zur artenschutz- und naturschutzrechtlichen Relevanz nach Landes-, Bundes- und Europarecht, Schnittstellen zu anderen Kartierschlüsseln sowie Aussagen zur räumlichen Relevanz und Anwendbarkeit der Biotoptypen auf einer Maßstabsebene. Im letzten Fall ist eine Differenzierungsnotwendigkeit der Biotypenkartierung abhängig vom Darstellungsmaßstab vorgegeben: Je geringer die Maßstäbe, z.B. 1:5000 und kleiner, umso genauer muss der einzelne Biotoptyp differenziert werden. Bei mittel- und großmaßstäblichen Kartierungen wird aggregiert und abstrahiert.

Biotoptypen werden in betrachteten Fällen mit mindestens sechsstelligen Schlüsseln versehen. Das erleichtert die Zuordnung und Abgrenzung während der Auswertung oder Darstellung.

Die Nennung von Zielarten dient vorrangig dem Habitatschutz gefährdeter Arten, die aber nicht zwingend in dem entsprechenden Bundesland vorkommen müssen. Diese können daher nur bedingt als „Zielobjekte“ einer Biotopentwicklung oder dem Biotopschutz dienen, insbesondere in rural geprägten Gebieten (Köstler *et al.*, 2005: 8). Andere Biotopklassifizierungsansätze der Bundesländer sind prinzipiell ähnlich aufgebaut.

2.3 Biodiversität – Grundlagen und Konzepte

2.3.1 Definition und Ebenen von Biodiversität

Biodiversität ist die Vielfalt von Genen, Arten und Ökosystemen. Der Schutz der Biodiversität ist wichtig, da sie Grundlage der Biosphäre ist, reiches ökonomische Potential besitzt, Grundlage für die Anpassung an Störung sowie Voraussetzung für die evolutionäre Weiterentwicklung ist (Wittig, 2012: 242). Im internationalen Rahmen ist die *Convention on Biological Diversity* seit 1993 das maßgebliche Umweltabkommen hierzu im Status eines völkerrechtlichen Vertrages, d.h. bindend für die Vertragspartner.

Auf der Ebene der Arten sind Verbreitungsaspekte, Häufigkeiten und Entwicklungstendenzen der Population(en) relevant für eine Bewertung der Biodiversität. Aus diesen genannten Aspekten werden Rote Listen erstellt, die die Gefährdungskategorien der Arten darstellen. Ursachenforschung in Bezug zur Gefährdung ist für die Einleitung von Gegenmaßnahmen relevant. Diese kann dann z.B. in Gesetzen und konkreten Artenschutzmaßnahmen münden. Letztere können sein: Anlage von Gen- und Samenbanken, Erhaltungszucht, Wiedereinbürgerung und Neuschaffung von Biotopen (Wittig, 2012: 245).

Für die Ebene der Lebensräume sind Schutz und Pflege, Neuschaffung, Renaturierung und Wiederherstellung sowie die Vernetzung von Biotopen sowie die Kontrolle der Schutz-, Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen wichtig für die Erhaltung der Biodiversität. Durch Biotopkartierung werden u.a. Entwicklungstendenzen von und in Biotopen und Minimumareale und Gefährdungsabschätzungen für Biotope umgesetzt (Wittig, 2012: 246ff).

Biodiversitätshotspots sind Areale, die eine hohe Anzahl endemischer Arten aufweisen (Conservation International, 2014). Zur Kritik an diesem Ansatz und weiteren Aspekten des Biodiversitätsschutzes siehe Wittig (2012: 259-264).

2.3.2 Rolle der Biotopvernetzung für die Erhaltung der Biodiversität

In Mitteleuropa existiert die Situation, dass viele naturnahe Flächen, inklusive der Naturschutzgebiete, inselhaft isoliert in der Kulturlandschaft liegen, z.B. naturnahes Ackersöll. Isoliert heißt in diesem Zusammenhang räumlich so weit voneinander getrennt, dass natürliche Bewegungsradien der örtlichen Fauna keinen Kontakt mit anderen ähnlich oder adäquat gestalteten Habitaten ermöglichen. Hierbei sind v.a. weniger mobile faunistische Elemente wie Laufkäfer, Eidechsen, Spinnen, Amphibien und Kleinsäuger aber auch größere mobile Organismen gemeint. Auf floristischer Ebene ist Isoliertheit schwieriger zu definieren, da ein genetischer Austausch zwischen solchen Habitaten durch Wind via Pollendrift möglich ist. Isoliertheit bezieht sich hier deshalb auf die Verbreitung von Diasporen, also keimfähigen Samen. Vor allem bei nicht-anemochorer Verbreitung (Schroeder, 1998: 14–47) sinken diese Kontaktreichweiten entsprechend. Eine abiotische und biotische Eignung des Standortes für die Etablierung oder Dominanz der Einzelpflanzen oder der Sippe ist dabei wichtig (Dierschke, 1994: 32-56; Schroeder, 1998: 42; Ellenberg *et al.*, 2001: 25f). Ebenso bedeutet isoliert, dass dazwischenliegende Strukturen die Migration beweglicher Arten verhindern, da diese lebensfeindlich sind (Straßen oder Schienen) oder aus anderen abiotischen (Standort-) Gründen nicht angenommen werden; z.B. keine Wanderung von Waldarten durch Offenland oder Felder.

Bei *Kulturlandschaftsmeidern* treten daher folgende Effekte auf:

- durch zu geringe Flächengrößen sind Populationen oftmals zu klein und instabil für eine lokale Erhaltung
- fehlender genetischer Austausch und daraus resultierende Genverarmung durch Isolation der Flächen voneinander

Die Wiederherstellung des Kontaktes zwischen isolierten Flächen, Gemeinschaften und Arten ist Ziel der Biotopvernetzung bzw. des Biotopverbundsystems. Hierbei sind linienhafte Ausbreitungskorridore und Trittsteinbiotope vielfach als vorteilhaft bezeichnet und spielen deshalb zwischen den NATURA2000 Gebieten des FFH-Schutzgebietsnetzwerkes eine große Rolle. Linienhafte Vernetzungselemente bzw. Ausbreitungskorridore können in der Agrarlandschaft vielseitiger Natur sein. Zu diesen zählen Hecken, Waldsäume und Feldraine, Fließgewässer aber auch Brachen und andere extensiv genutzte Bereiche (Wittig, 2012: 251). Trittsteinbiotope ermöglichen Arten einen temporären Aufenthalt und können als Brückenbildner für die Überwindung räumlicher Distanzen qualitativ geeigneterer Biotope und Habitate dienlich sein. Siehe zu obigen Aspekten Kapitel 2.5.5. Zur beispielhaften Qualität sowie Funktion sowie Effektivität der Vernetzungselemente u.a. für ausgewählte Arten siehe Drobnik *et al.* (2013: 32-55).

Günstiger Erhaltungszustand

Nach Art 1. der FFH-RL ist eine günstiger Erhaltungszustand für Lebensräume dann gegeben, wenn:

- *sein natürliches Verbreitungsgebiet sowie die Flächen, die er in diesem Gebiet einnimmt, beständig sind oder sich ausdehnen und*
- *die für seinen langfristigen Fortbestand notwendige Struktur und spezifischen Funktionen bestehen und in absehbarer Zukunft wahrscheinlich weiterbestehen werden*
- *der Erhaltungszustand der für ihn charakteristischen Arten günstig ist.*

Der Erhaltungszustand einer Art wird als „günstig“ betrachtet, wenn

- *aufgrund der Daten über die Populationsdynamik der Art anzunehmen ist, dass diese Art ein lebensfähiges Element des natürlichen Lebensraumes, dem sie angehört, bildet und langfristig weiterhin bilden wird, und*
- *das natürliche Verbreitungsgebiet dieser Art weder abnimmt noch in absehbarer Zeit vermutlich abnehmen wird und*
- *ein genügend großer Lebensraum vorhanden ist und wahrscheinlich weiterhin vorhanden sein wird, um langfristig ein Überleben der Populationen dieser Art zu sichern.*

Hierfür sind durch verschiedene nationale Institutionen Kriterien, Indikatoren und Schwellenwerte entwickelt worden, die die Bewertung der Erhaltungszustände von Arten und Lebensräumen fachlich nachvollziehbar und begründbar machen (Ellmauer, 2005).

Wichtig ist dabei, dass sich der günstige Erhaltungszustand einer Art auf das gesamte Verbreitungsgebiet bezieht und nicht auf regionale Zustände. Prinzipiell gilt dies auch für Lebensraumtypen. Problematisch wird dieser Ansatz bei endemischen Arten geringer Populationsgrößen, da hier oftmals kleine inselhafte Vorkommen existieren (können).

2.3.3 Messbarkeit, Typen und statistische Beschreibung der (Bio-)Diversität

Maßgebliche Arbeiten zur statistischen Beschreibung von Biodiversität wurden u.a. durch Whittaker (1960) verfasst und später expliziter herausgearbeitet und erweitert (Whittaker, 1965; 1972; 1977). Zur Historie der (statistisch deskriptiven) Biodiversitätsforschungen siehe Beierkuhnlein (2003: 52-59). Whittakers statistische pflanzensoziologische Ausarbeitungen zur Standortdiversität von Wäldern sind auf andere Lebensräume und Arten übertragbar und werden im Folgenden kurz dargestellt.

alpha-Diversität

Die alpha-Biodiversität beschreibt die Artenvielfalt eines bestimmten Lebensraumes. Hierbei werden nur die Arten selbst, nicht aber deren Häufigkeit betrachtet. Die alpha-Diversität beschreibt also nur eine räumlich eingeschränkte und lokale Artenvielfalt und ist damit ein rein quantitatives Maß.

beta-Diversität

Die beta-Diversität beschreibt die unterschiedliche Artenausstattung getrennter Ökotope und Areale. Sie berücksichtigt ausschließlich gemeinsame Arten und beschreibt *de facto* den Artenwechsel zwischen Biotopen oder Teillebensräumen. Hierbei können z.B. Gradienten auf abiotischer Ebene Unterschiede zwischen Teilbiotopen und deren Artenanzahl verursachen. Sie ist damit ein Maß der Habitatdiversität, welche sich zur Beschreibung größerer Areale eignet. Ebenso kann die beta-Diversität Daten verschiedener zeitlicher Erfassungen miteinander vergleichen (Beierkuhnlein, 2003: 58). Die beta-Diversität ist ein qualitatives Maß. Es gibt zur Berechnung unterschiedliche Ansätze und theoretische Auseinandersetzungen (Koleff *et al.*, 2003; Jost, 2007; Tuomisto, 2010a; 2010b).

gamma-Diversität

Die gamma-Diversität ergibt sich aus den alpha- und beta-Diversitäten und eignet sich für die Beschreibung der Artenzahl von Gemeinschaften auf größeren Skalen, wie z.B. auf landschaftlicher Ebene. Sie ist quasi der „*Artenpool des Gesamtdatensatzes*“ (Beierkuhnlein, 2003: 58). Zur Möglichkeit der Ermittlung und Diskussion zur Validität siehe Jost (2007) und Tuomisto (2010a).

2.4 Elemente und Grundlagen der Raumplanung und Landesentwicklung

2.4.1 Aufgaben und Zielsetzungen

Der Raumplanung und Raumentwicklung kommt die unvorteilhafte Aufgabe zu, alle Bedürfnisse der Gesellschaft zu berücksichtigen und diese gleichberechtigt zu inkorporieren. Hierfür werden innerhalb der EU z.B. multilaterale Raumordnungspläne (Europäische Kommission, 2008) erarbeitet, die in speziellen Aktionsplänen münden (Käppeler *et al.*, 2012). Basis hierfür ist das Europäische Raumordnungskonzept EUREK (Europäische Kommission, 1999) und die derzeitige Territoriale Agenda der EU 2020 (European Commission, 2011), die die folgenden Zielsetzungen hat:

- Förderung einer polyzentrischen und ausgewogenen Raumentwicklung
- Förderung der integrierten Entwicklung in Städten, ländlichen Gebieten und Sonderregionen
- Territoriale Integration in grenzüberschreitenden und transnationalen funktionalen Regionen
- Gewährleistung der globalen Wettbewerbsfähigkeit von Regionen durch eine starke lokale Wirtschaft
- Verbesserung der territorialen Anbindung für den Einzelnen, für Gemeinden und Unternehmen
- Verwaltung und Verknüpfung der Umwelt-, Landschafts- und Kulturgüter von Regionen

Auf nationaler Ebene existiert in Deutschland das Raumordnungsgesetz (ROG) und seine entsprechenden föderalen Landesgesetze und Verordnungen.

2.4.2 Rechtsrahmen von Schutzgütern in der EU und in Deutschland

Innerhalb der EU-Gesetzgebung sowie im nationalen deutschen Recht ist eine Aufgabenaufschlüsselung einzelner Rechtsakte für die Aspekte Umwelt- und Naturschutz nicht immer möglich, da die entsprechenden Vorschriften ineinandergreifen und oftmals keine Trennschärfe haben. Ein Fehlen bestimmter EU-weiter und nationaler Rechtsgrundlagen kann aufgrund der Komplexität der Situation im Folgenden nicht ausgeschlossen werden.

Die EU befindet sich derzeit in ihrem siebten Umweltaktionsprogramm, gültig bis 2020 (Das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union, 28.12.2013). Hier werden per Beschluss u.a. die Ziele der Raumordnung, Raumentwicklung, Umweltschutzes und Naturschutzes aufgeführt. Das Aktionsprogramm stellt derzeit in seiner Kürze quasi eine Zusammenfassung der EU-weiten Bestrebungen dar.

2.4.2.1 Umweltschutz

Der technisch orientierte Umweltschutz hat die Aufgabe Kontamination und stetige Verunreinigungen der abiotischen Umweltmedien Luft, Wasser und Boden zu minimieren und wenn möglich zu verhindern, wie das Verbot von FCKW in den 1980er Jahren. Hierfür existieren im europäischen Rahmen Richtlinien wie die Nitratrichtlinie 91/676/EWG oder die Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG, die Grenzwerte von Emissionen in diese Medien festlegen. Ein europäisches Pendant zum Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG) fehlt bislang.

Die EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) 2000/60/EG ist ebenso in Teilen eine technisch orientierte Umweltschutzvorgabe, da sie Grenzwerte für bestimmte Stoffe in Grund- und Oberflächenwasser festlegt.

Die UVP- und SUP-Richtlinien stellen innerhalb der EU die oberste Rechtsebenen dar, mit der technischer Umweltschutz aber auch Naturschutz bei bestimmten Vorhaben bereits auf der Planungsebene berücksichtigt wird. (siehe Kapitel 2.4.3.1 & 2.4.3.2).

2.4.2.2 Naturschutz

Der Naturschutz orientiert sich im Gegensatz zum Umweltschutz am Schutz und der Erhaltung der Biosphäre und ihrer Elemente. Es ist dabei zwischen allgemeinem und speziellem Naturschutz zu unterscheiden.

Der allgemeine Naturschutz ist historisch mit den ersten Naturschutzgesetzgebungen verbunden (Poschlod, 2017: 223-228), bei dem es auch um visuelle und kulturelle Aspekte der Landschaft₁ geht (Kapitel 2.1.2). In Deutschland und in anderen Ländern existieren Naturschutzgesetze, die die Aufgaben und Ziele des Naturschutzes definieren und innerhalb der EU mit der europäischen Naturschutzgesetzgebung harmonisieren. Allgemeiner Naturschutz wird daher als Querschnittsaufgabe in vielen Raumordnungs- und Planungsbelangen verlangt und umgesetzt. Diese Querschnittsaufgabe wird in Deutschland auf der Ebene von Landes- und Regionalentwicklungsplänen berücksichtigt. So werden u.a. bei der Verkehrswegeplanung und Bauvorhaben Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen vorab geplant und festgelegt, bei denen auch nicht geschützte Biotop und Habitate wenn möglich, adäquat ersetzt werden. Grünbrücken sind in diesem Zusammenhang auch tendenziell den Anliegen des allgemeinen Naturschutzes zuzuordnen, da sie unbestimmt und vielartig wirken.

Spezieller Naturschutz kann dabei orientiert am Schutz bestimmter Arten oder Lebensgemeinschaften sein (Arten- und Biotopschutz). Innerhalb der EU stellen die FFH und Vogelschutzrichtlinie hierfür die grundsätzlichen Gesetzesgrundlagen dar. Die EU-Biodiversitätsstrategie COM/2011/0244 (Europäische Kommission, 2011) konkretisiert die Anforderungen des allgemeinen Natur- und des speziellen Artenschutzes und inkorporiert zudem Aspekte des Umweltschutzes.

In ihrer Umsetzung werden FFH und Vogelschutzrichtlinie durch die sich daraus ergebenden Querschnittsaufgaben durch weitere Richtlinien wie z.B. die EU-Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG, Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie 2008/56/EG, die SUP- und UVP-Richtlinien ergänzt und komplementiert/ erweitert.

Grüne Infrastruktur (GI) (Europäische Kommission, 2013) ergänzt die Umsetzung der Biodiversitätsstrategie der EU sowie die Ziele der FFH-RL zum Aufbau eines kohärenten Schutzgebietsnetzwerkes inklusive der vernetzenden Strukturen (Kettunen *et al.*, 2007) und die ökologischen Ziele der WRRL. Zudem soll sie eine Anpassung an den Klimawandel sein, der Umsetzung der Luftreinhaltung dienen sowie die Lebensqualität der Menschen fördern. „[GI] ist ein strategisch geplantes Netzwerk natürlicher und naturnaher Flächen mit unterschiedlichen Umweltmerkmalen, das mit Blick auf die Bereitstellung eines breiten Spektrums an Ökosystemdienstleistungen angelegt ist und bewirtschaftet wird und terrestrische und aquatische Ökosysteme sowie andere physische Elemente in Land- (einschließlich Küsten-

) und Meeresgebieten umfasst, wobei sich grüne Infrastruktur im terrestrischen Bereich sowohl im urbanen als auch im ländlichen Raum befinden kann.“ (ebenda: 3).

In Deutschland ist die Landschaftsplanung die Naturschutzfachplanung auf Basis der §§ 15, 16 BNatSchG, die sowohl allgemeinen als auch speziellen Artenschutz berücksichtigt. Sie entwickelt in Rückkoppelungen u.a. zu sektoralen Fachplanungen der Wasserwirtschaft, Landwirtschaft und Forstwirtschaft Landschaftsprogramme, Landschaftsrahmenpläne, Landschaftspläne und Grünordnungspläne (Bundesamt für Naturschutz, 2012b). Zusätzlich wird durch das Raumordnungsgesetz (ROG) festgelegt, welche Grundsätze für eine nachhaltige Raumordnung zu verfolgen sind. Hier wird v.a. auf die Ausgewogenheit der sektoralen Zielsetzungen hingewirkt, d.h. Umweltschutz, Naturschutz, Landschaftsschutz und Kulturerbeschutz sind gleichberechtigte Aspekte (§ 2 ROG).

2.4.2.3 Landschaftsschutz

Das Europäische Landschaftsabkommen (Europarat, 20.10.2000) definiert die Ziele für den Schutz, die Pflege und die Gestaltung der Landschaft. Landschaft wird hierbei als Ensemble von Kultur- und Naturerbe und als Grundstein der (europäischen) Identität betrachtet. Die Zusammenarbeit bei grenzüberschreitenden Landschaften hinsichtlich der Umsetzung o.g. Ziele und zur Erarbeitung gemeinsamer Landschaftsprogramme wird ausdrücklich gewünscht.

In Deutschland wird Landschaftsschutz, -pflege und -entwicklung durch das BNatSchG auf nationaler Ebene geregelt. Dazu existieren Landesgesetze.

2.4.2.4 Biotopschutz

Biotopschutz wird innerhalb der EU durch die Rechtsprechung nach FFH-RL und der Vogelschutzrichtlinie umgesetzt. Im nationalen Kontext können Naturschutzgebiete nur dem Schutz eines einzelnen bestimmten Biotops (Kapitel 2.2.1.2) dienen. Es kommt dabei aber auch zur gleichzeitigen Erfüllungen des Artenschutzes nach EU-Recht oder nationalem Recht, wobei letzteres sich in seiner Umsetzung auf nationale oder regionale Rote Listen bezieht.

Biotopschutz ist der spezielle Schutz von bestimmten Kombinationen von Arten und Abiotik und deshalb raumspezifisch, z.B. der Schutz von Wattflächen der Nordsee. Insbesondere Landschaftsschutzgebiete und Naturschutzgebiete aber auch andere Kategorien dienen dabei der Umsetzung des Biotopschutzes.

Durch die Liste der gefährdeten Biotoptypen (Finck *et al.*, 2017) wird im deutschen Kontext Biotopschutz präzisiert, da sich aus dieser Handlungszwänge ergeben.

2.4.2.5 Artenschutz

Im internationalen Rahmen ist die *Convention on Biological Diversity* seit 1993 das maßgebliche Abkommen im Status eines völkerrechtlichen Vertrages, d.h. bindend für die Vertragspartner, und ist in Deutschland seit dem 31.08.1993 per Gesetz rechtsgültig (Deutscher Bundestag, 1993). Konkretisiert wurde das Abkommen später durch die „Globale Strategie zum Schutz der Pflanzen“ (Das Sekretariat des Übereinkommens über die Biologische Vielfalt, 2007) und das Biodiversitätsziel 2010 (CBD, 2002).

In der EU wird mittels der FFH-RL und der Vogelschutzrichtlinie Artenschutz in nationales Recht überführt. Auf nationaler Ebene existieren dazu Naturschutzgesetze sowie Rote Listen. Artenschutz ist weitestgehend raumunabhängig und ubiquitär geltend. So sind alle marinen Großsäuger innerhalb der EU streng geschützt, wobei der Schutz dieser im Alpenraum keine Bedeutung findet.

Mittels Roter Listen kann der Gefährdungsgrad einzelner Arten temporär und räumlich festgestellt und veröffentlicht werden. Durch die Veröffentlichung deutschlandweiter Listen durch das BfN und Länderbehörden haben diese quasi amtlichen Status und werden als Referenz verwendet. Die Roten Listen werden spätestens alle zehn Jahre aktualisiert. Artenschutz kann dabei auf die Ausweisung von speziellen Schutzgebieten zuführen, bei denen auch komplexer Biotopschutz notwendig sein kann.

Innerhalb der EU regelt die Verordnung (EU) 2017/160, ehemals Verordnung (EG) Nr. 338/97, (Europäische Kommission, 2017) den speziellen Artenschutz maßgeblich über Handelseinschränkungen v.a. nicht-europäischer Arten. Die Verordnung ist als Rechtsakt ohne Gesetzescharakter eingestuft, bezieht sich aber auf zwischenstaatliche Übereinkommen wie das Washingtoner Artenschutzabkommen CITES, die für die unterzeichneten Mitgliedsstaaten als völkerrechtliche Übereinkunft zu werten ist.

In Deutschland wird der Artenschutz über die Bundesartenschutzverordnung (BArtSchV) umgesetzt, welche sowohl als Erweiterung zum BNatSchG als auch die Umsetzung der ursprünglichen EU-Verordnung (EG) Nr. 338/97 und deren Änderungen regelt.

Anhang I der BArtSchV regelt den Schutzstatus europäischer Tier- und Pflanzenarten in Deutschland, die mit geeigneten Mitteln besonders oder streng zu schützen sind. Alle Fledermausarten sind nach Anhang I BArtSchV besonders geschützt. Geeignete Mittel sind z.B. Verbote nach §44 BNatSchG. Wilde Populationen streng geschützter Arten dürfen während der Fortpflanzungs-, Aufzucht-, Mauser-, Überwinterungs- und Wanderzeiten nicht erheblich gestört werden. Erhebliche Störungen nach §44 Abs.1 Punkt 2 BNatSchG liegen dann vor, wenn sich durch die Störung der Erhaltungszustand der lokalen (!) Population verschlechtert. Vergleiche hierzu auch Thyssen (2010).

Für Arten nach Anhang IV der FFH-RL können vorgezogene Ausgleichsmaßnahmen bei unvermeidbaren Beeinträchtigungen festgelegt werden, sind aber rechtlich nicht zwingend erforderlich (s.u.). Zudem liegt kein Verstoß gegen das Zerstörungs- und Beschädigungsverbot von Fortpflanzungs- und Ruhestätten von Anhang IV Arten der FFH-RL vor, wenn die ökologische Funktion dieser Stätten im räumlichen Zusammenhang weiterhin erfüllt wird bzw. durch geeignete Maßnahmen gewährleistet wird (§44 Abs. 5 BNatSchG). Dies wurde durch ein Grundsatzurteil des EUGH (Europäischer Gerichtshof, 10.01.2006) klargestellt. Diese Ausnahme gilt nur für nach BArtSchV besonders geschützte Arten, z.B. für fast alle Mammalia. Zu konkreteren Ausführungen hierzu siehe auch Bundesamt für Naturschutz (2010: 52f).

„Anders als der Habitatschutz, der bei Beeinträchtigungen vom Verursacher den funktionalen Ausgleich seines Eingriffs in das kohärente Netz Natura 2000 abverlangt, sieht der Artenschutz keinerlei Kompensationspflichten vor und lässt damit eine entschädigungslose Beeinträchtigung dem Grunde nach zu. Dies gilt jedenfalls so lange, wie nur Arten in einem günstigen Erhaltungszustand betroffen sind und dieser Erhaltungszustand nicht gefährdet ist. [...] Während der Träger eines Vorhabens in der Nähe von europäischen Schutzgebieten zunächst versuchen kann, die Wirkung seines Vorhabens auf die Erhaltungsziele des Gebietes durch vorgezogene Vermeidungsmaßnahmen unter die Erheblichkeitsschwelle zu drücken,[...], sieht das Artenschutzrecht solche Möglichkeiten strukturbedingt nicht vor“ (Steeck, 2010: 8).

Allerdings sind funktionserhaltende Maßnahmen bei Eingriffen z.B. in Ruhe- oder Fortpflanzungsstätten (Artikel 12 FFH-RL) möglich und müssen mindestens schadensbegrenzend und grundsätzlich funktional wirksam sein (Europäische Kommission, 2007: 53ff). Runge *et al.* (2010: 76f, 82f) schlagen eine Methodik für die Bewertung und Umsetzung vorgezogener Maßnahmen vor.

Zusätzlich stellt Steeck klar: *„Allein dass sich eine Art im schlechten Erhaltungszustand befindet, muss noch nicht das Aus des Vorhabens bedeuten. Dies gilt jedenfalls solange, wie sich der Erhaltungszustand der Art durch das Vorhaben nicht verschlechtert oder die Wiederherstellung eines günstigen Erhaltungszustandes unmöglich gemacht wird. [...]“* (Steeck, 2010: 9).

2.4.2.6 Kulturgüterschutz

Durch das Fehlen einer supranationalen Kultur-Richtlinie, als rechtswirksames und harmonisierendes Pendant zur FFH-RL oder Vogelschutzrichtlinie, sind durch die Kulturautonomie der EU-Mitgliedsländer, die sich nach § 128 Vertrag von Maastricht von 1992, nach Art. 167 des Vertrages von Lissabon von 2009 bzw. nach Art. I-5 Abs. 1 und Art. III-280 Abs. 5 der Verfassung der Europäischen Union ergeben (Läuter, 2005; Odendahl, 2005: 218ff), innerhalb der EU verbindliche Regelungen zum Erhalt und zum Schutz des Kulturerbes nur auf nationaler oder gar nur auf untergeordneter Ebene vorzufinden, wie z.B. in Deutschland nach Art. 30 und Art. 70 GG. Höchstenfalls kommt es damit zu einer EU-weiten Förderung des Kulturgüterschutzes, wobei die EU mit ihren Einrichtungen und Institutionen die Mitgliedsstaaten unterstützt, diese aber auch zwingend eigene Maßnahmen zu ergreifen haben. Hervorzuheben ist hier der verfassungsmäßige Ausschluss aller Harmonisierungen der diesbezüglichen Rechtsvorschriften nach Art. III-280 (Abschnitt 3 - Kultur) der EU-Verfassung (Singer, 2004; Läuter, 2005). Somit verbleiben die Aufgaben des Kulturgüterschutzes und des Denkmalschutzes bis auf weiteres in den Mitgliedsstaaten.

2.4.2.7 Denkmalschutz

Übergeordnete völkerrechtliche Übereinkünfte und Regelungen, zum Schutz und Erhalt von Denkmälern bzw. des architektonischen Erbes sind u.a. das Europäische Kulturabkommen von 1954, welches die Bezeichnung „gemeinsames kulturelles Erbe“ erstmals aufgreift und zum Schutz dieser verpflichtet. Das Abkommen kann als nachkriegszeitliches Friedens-Pendent zum Haager Abkommen von 1954 angesehen werden, welches vorrangig als Regelung für Kriegszeiten anzusehen war, bei dem eingetragene Denkmäler in Kriegszeiten zu schützen sind (Kloepfer, 2012: 62–66). Das *Übereinkommen von Granada* ist das einzige völkerrechtliche Instrument innerhalb der EU, welches u.a. den Schutz des baugeschichtlichen Erbes als ein wesentliches Ziel der Raum- und Stadtplanung ansieht und laut dem es zum Bestandteil der Kultur-, Umwelt und Planungspolitik zu machen ist (Europarat, 3.10.1985: Art. 10).

Konkrete supranationale Denkmalschutzvorgaben analog zu diversen Umwelt- und Naturschutzrichtlinien existieren bisher nicht. Gründe dafür sind analog zu den Ausführungen zum Kulturgüterschutz in Kapitel 2.4.2.6. Somit haben alle EU-Mitgliedstaaten eigene Denkmalschutzgesetze. In Deutschland sind diese nur auf der Ebene der Länder existent.

2.4.2.8 UNESCO-Welterbekonvention

Mit der *UNESCO-Welterbekonvention* wird versucht, Natur- und Kulturgüterschutz gleichberechtigt zu behandeln, auch wenn dieses Erbe jeweils unterschiedlich definiert wird. Die Konvention ist nach Ihrem Rechtsstatus her in den meisten bekannten Fällen rechtlich nicht verbindlich, so z.B. auch in Deutschland (BVerfG LKV 2007, 509 in Hilsberg, 2011). Sie hat hier rechtlich nur den Status eines Verwaltungsabkommens. Es existiert daher keine unmittelbare Verpflichtung, die Regelungen zu beachten oder umzusetzen (Hönes 2008a; 2009b in Möller und Schoelles, 2010). Ein durch die Enquete-Kommission des Bundestages „Kultur in Deutschland“ 2007 vorgeschlagenes und gefordertes Ausführungsgesetz zur Umsetzung der Verbindlichkeit der UNESCO-Welterbekommission (Deutscher Bundestag, 2007: 208) sowie zur Integration der Ziele in andere Gesetze wurde bislang noch nicht umgesetzt. Allerdings ist die Förderung der Ziele der Konvention mit der Novellierung des BNatSchG 2009 in § 2 Abs. 5 genannt. Ein expliziter rechtlicher Status der Stätten ist aber weder nach BNatSchG noch nach den Landesdenkmalgesetzen gegeben, auch wenn es Optionen für eine Ausweisung als zu schützende Gebiete auf Basis des BNatSchG gibt (Möller und Schoelles, 2010: 8).

2.4.3 Werkzeuge der Raumordnung und Raumplanung in der EU und Deutschland

2.4.3.1 SUP – Strategische Umweltprüfung

Die Strategische Umweltprüfung (SUP), Richtlinie 2001/42/EG (Das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union, 21.07.2001) ist relevant für Pläne und Programme der Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Fischerei, Energie, Industrie, Abfallwirtschaft, Wasserwirtschaft, Telekommunikation, des Verkehrs und des Fremdenverkehrs. Sie wirkt auf der EU-Ebene sowie auf nationaler, regionaler und lokaler Planungsebene, d.h. die EU-Politik und resultierende Programme sind auf deren Umweltauswirkungen zu prüfen und zu untersuchen. Die SUP gilt nicht für Verteidigungs- und Finanzpläne oder deren Programme.

Mittels der SUP werden Umweltauswirkungen bestimmter Pläne und Programme insbesondere auf Vorgaben der FFH-RL und Vogelschutzrichtlinie untersucht: „*Voraussichtliche erhebliche Umweltauswirkungen, einschließlich der Auswirkungen auf Aspekte wie die biologische*

Vielfalt, die Bevölkerung, die Gesundheit des Menschen, Fauna, Flora, Boden, Wasser, Luft, klimatische Faktoren, Sachwerte, das kulturelle Erbe einschließlich der architektonisch wertvollen Bauten und der archäologischen Schätze, die Landschaft und die Wechselbeziehung zwischen den genannten Faktoren“ sind zu untersuchen (ebenda, Anhang I Absatz f).

Die SUP ist ein übergeordnetes Prüfungs- und Überwachungswerkzeug und wird ergänzt durch die UVP, die die Prüfung und Bewertung konkreter Umsetzungen und Vorhaben regelt (s.u.) und findet Eingang in verschiedenen Planungsebenen (von Haaren *et al.*, 2004).

Im Gegensatz zur EU-Richtlinie wird in der deutschen Gesetzgebung der Begriff „Kulturgut“ anstelle des Begriffes „Kulturelles Erbe“ gebraucht. Der Begriff „*Kulturgut beinhaltet dabei inhaltlich mehr als die über die Denkmalschutzgesetze geschützten Teile des kulturellen Erbes (wie häufig von Vorhabenträgern und deren Gutachtern angenommen), nämlich auch sonstige aus kulturellen Gründen erhaltenswerte Objekte, Orte, Landschaften oder Raumdispositionen*“ (Boesler und Bohnsack-Häfner, 2005). Daher ist z.B. zu prüfen, ob Kompensationsmaßnahmen für andere Schutzgüter, wie für Flora und Fauna, oder strukturelle Programme und Pläne, Kulturgüter beeinflussen (ebenda). Somit sind Belange der natürlichen Umwelt und Belange der kulturellen Umwelt gegeneinander zwingend abzuwägen. Ggf. haben daher Belange des Naturschutzes zurückzustehen, evtl. bereits auf der Ebene der Landschaftsplanung, der Planungsebene für Naturschutzfachplanungen (Heller, 2006).

2.4.3.2 UVP – Umweltverträglichkeitsprüfung

Die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) und die entsprechende Richtlinie 2014/52/EU (UVP-RL) gilt als grundsätzliches Instrument bei bestimmten privaten und öffentlichen Vorhaben innerhalb der Länder der EU und ist rechtsverbindlich (Das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union, 25.04.2014). Artikel 4 und die Anhänge I und II regeln die Verbindlichkeit der UVP für explizite (bestimmte) Projekte und Vorhaben. Anhänge III und IV der UVP-RL regeln die Bewertungsinhalte sowie den Umfang der Prüfung und Bewertung. In Deutschland ist die UVP-RL mittels des Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetzes (UVPG) umgesetzt (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2010). Hier sind die Kriterien für Vorprüfung sowie relevante Projekte und der Umfang der Prüfung nochmal spezifiziert.

Ziel der Richtlinie ist in erster Linie der (technische) Umweltschutz sowie in erweiterter Form die Umsetzung von Arten- und Biotopschutz, welche inhaltlich in der FFH-RL bzw. Vogelschutzrichtlinie verankert sind.

Innerhalb der EU existiert durch die UVP-RL, hier insbesondere durch Art. 3 eine Situation, die einer Gleichrangigkeit der Bewertung von Kulturerbe- und Naturerbeschutz nahe kommt und durch ihre „teleologische Äquivalenz“ (Kloepfer, 2012: 24–29) begründbar ist. Durch die Wirksamkeit der Richtlinie und ihre Rechtsverbindlichkeit in den Mitgliedsstaaten müssen jegliche Projekte, die unter den Vorhabenkatalog des Anhangs I und ggf. auch des Anhangs II der UVP-RL fallen, nicht nur hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf Flora und Fauna sondern auch etwaige Auswirkungen auf das kulturelle Erbe geprüft und bewertet werden. Durch die Erweiterung des Artikels 3 um „Wechselwirkungen zwischen den [...] Faktoren“ im Jahr 1997 wurde der Grundstein für eine Harmonisierung, aber v.a. für eine Abstimmung der einzelnen nationalen Gesetzesakte bezüglich der einzelnen Schutzgüter gelegt.

Nach gängiger Rechtsauffassung umfasst die UVP-RL und damit auch die UVPg Sichtweise auch raumgebundene Kulturgüter (Kloepfer, 2012: 20), die allerdings nach ihrem mangelnden grenzüberschreitendem Bezug nicht Gegenstand des Kulturbegriffes „gemeinsames kulturelles Erbe“ nach Art. 167 EUV des Vertrages von Lissabon (Europäische Union, 2012) sind (Kloepfer, 2012: 32). Im Gegensatz dazu steht ein erweiterter europäischer Kulturbegriff in dem „Kultur insoweit all das umfasst, was auch Gegenstand der nationalen Kulturpolitiken ist“ (ebenda: 33).

Da allerdings Sanierungsmaßnahmen sowie andere naturraumbezogene Aktivitäten in Festungsanlagen, z.B. Biotopentwicklungen, nicht unter die Maßnahmenkataloge nach Anhang I und II der UVP-RL fallen, gibt es für solche Vorhaben keine begründbare Verpflichtung der Durchführung einer Umweltverträglichkeitsprüfung oder der Durchführung einer Vorprüfung.

2.4.3.3 Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie (FFH-RL) und Vogelschutz-Richtlinie

Die FFH-Richtlinie 92/43/EWG (Das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union, 10.06.2013) legt den Schutzstatus von Lebensraumtypen und Arten fest. In Anhang I werden schützenswerte Lebensraumtypen definiert, welche Bestandteil des NATURA2000 Netzwerks sind. Ausweisung und Meldung der Schutzgebiete obliegt den Mitgliedstaaten. Eine Interpretationsanweisung der Lebensraumtypen der FFH Richtlinie ist bei der Betrachtung

erforderlich, siehe hierzu European Commission (2013a). Für das nicht EU-Pendant des *Emerald Netzwerkes* siehe Council of Europe (2011).

Anhang II FFH-RL listet Tier- und Pflanzenarten, für die besondere Schutzmaßnahmen umzusetzen sind, da sie von gemeinschaftlichem Interesse sind, sogenannte prioritäre Arten, und ist eine Ergänzung des Anhang I. Schutzgebiete für diese Arten sind zu etablieren. Die Listung des Anhang II sorgt immer wieder für Diskussion, da diese Arten mitunter nur von regionaler oder nationaler Bedeutung sind und das natürliche Verbreitungsgebiete zwingend betrachtet werden müssen, da sich der geforderte „*günstige Erhaltungszustand der Arten*“ auf das natürliche Verbreitungsgebiet bezieht. Da für die Verbreitung und das Auftreten von Arten vielfältige abiotische Bedingungen und Anpassungen der Arten an diese relevant sind, gibt es keine oftmals als solche verstandene ubiquitäre Gültigkeit der FFH-RL. Vereinzelte oder gelegentliche Vorkommen sowie ein Neuvorkommen in einem Areal sind dabei keine dynamische Erweiterungen des natürlichen Verbreitungsgebietes (Europäische Kommission, 2007: 10f). Ebenso muss der Schutz der natürlichen Lebensräume und der Arten gegen andere Anforderungen abgewogen werden (Europäische Kommission, 2007: 9f). Anhang IV listet Arten, für die strenge Schutzvorschriften gelten, auch außerhalb der FFH-Gebiete. Zur Gesamtinterpretation des Anhang II, des Anhang IV und darin enthaltener Arten siehe Europäische Kommission (2007). Anhang V listet Arten auf, deren Bestände rückläufig und gefährdet sind. Anhang III regelt die Kriterien zur Errichtung des kohärenten Schutznetzwerkes NATURA2000.

Mittels FFH-Verträglichkeitsprüfungen (FFH-VP) ist zu beurteilen, ob ein Projekt oder Plan zu erheblichen Beeinträchtigungen eines NATURA2000-Gebietes führen kann. Was Erheblichkeit konkret bedeutet ist daher wichtig. Primär ist diese Frage zwar naturschutzrechtlicher Art, kann aber nur naturschutzfachlich betrachtet und bewertet werden. Vorgezogene Maßnahmen zur Abschwächung des Eingriffs und zur Reduktion der Erheblichkeit sind möglich und vorgesehen (Art.6 Punkt 4 FFH-RL). Fachlich begründete und rechtssichere Vorschläge hierzu dienen der einheitlichen Anwendung in der Praxis, z.B. nach § 34 Abs. 1 und 2 BNatSchG in Deutschland. Für Vorschläge hierzu siehe Lambrecht und Trautner (2007). Zur Interpretation der Erheblichkeit von Eingriffen siehe Thyssen (2010). Für Empfehlungen der Umsetzung der Biotopvernetzung nach FFH-RL und Vogelschutzrichtlinien Vorgaben siehe u.a. Kettunen *et al.* (2007).

Durch die Vogelschutzrichtlinie 79/409/EWG, ersetzt durch 2009/147/EG (Das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union, 26.1.2010) wird der Schutz bestimmter Vogelarten innerhalb der EU verordnet. Der Schutz beinhaltet die Einrichtung von Schutzgebieten, die Pflege und ökologisch richtige Gestaltung der Lebensräume in und außerhalb von Schutzgebieten, die Wiederherstellung zerstörter Lebensstätten und die Neuschaffung von Lebensstätten (Art. 3 Abs. 2). Ausgewiesene Schutzgebiete sind sogenannte „*Special Protection Areas*“ (SPAs). Diese sind seit dem Jahr 1994 Teil des NATURA 2000 Schutzgebietsnetzwerkes. Besondere Schutzmaßnahmen, z.B. spezielle Aktionspläne, sind für Anhang I-Arten umzusetzen.

2.5 Umwelt-, Natur-, Biotop und Artenschutz

2.5.1 Ursachen und Trends

Der seit mehreren Dekaden internationalisierte Arten- und Naturschutz hat für die Mitgliedsstaaten der EU mit der FFH-Richtlinie 92/43/EWG und der Vogelschutzrichtlinie 79/409/EWG, ersetzt durch 2009/147/EG, einen Rahmen geschaffen, in dem grenzüberschreitenden Belange des Erhalts und des Schutzes des Naturerbes, von Flora und Fauna sowie Lebensgemeinschaften, direkt in die Staaten hineinwirken und damit rechtsverbindlich sind. Zusätzlich sind in den einzelnen Staaten deren eigene Naturschutzbelange in Form von speziellen Natur- und Artenschutzgesetzen rechtsverbindlich.

Hintergrund für diese Richtlinien war und ist u.a. der beobachtete Lebensraumverlust für viele Arten und Lebensgemeinschaften sowie zusätzlich negative Umweltauswirkungen durch Industrie und Gewerbe (Meador, 1996; Schäfer und Metzger, 2009), Land- und Forstwirtschaft (Conway und Pretty, 2013: 17–93) und Habitatverlust und genetische Isolierung durch Städtebau, Flurbereinigung und Verkehrswegenetze (Mader, 1984; Murphy, 1988; Harris, 1989; Bender *et al.*, 1998; Millenium Ecosystem Assessment, 2005b). Für eine vergleichende Zusammenfassung siehe auch Wittig (2012: 260). Aus diesem Ursachenkomplex resultierte damals aber auch teilweise bis zum heutigen Zeitpunkt ein beobachteter Rückgang der Häufigkeit bzw. Verringerung der Gesamtpopulation vieler Tier- und Pflanzenarten und Lebensgemeinschaften (Wilson, 1988; EEA, 2013b; EEA und Publications Office of the European Union, 2015; Wahl *et al.*, 2015; Habel *et al.*, 2016; Deutscher Bundestag, 2017a). Der bereits vor 1950 vorhandene Trend der Ersetzung iodochorer Florenelemente durch

Epökophyten aus anderen Florengebieten, also Archäophyten und Neophyten, ist rückläufig (Schroeder, 1998: 405f).

Dabei existiert eine Korrelation des Gefährdungsgrades v.a. von Pflanzenarten und der Bevorzugung relativ extremer Biotope. Für Deutschland sind folgende Artengruppen besonders gefährdet (Wittig, 2012: 254):

- Arten die sich am Rande ihres natürlichen Verbreitungsgebietes befinden bzw. nur extrazonal vorkommen
- Arten wasserhaushaltsmäßig extremer Standorte
- Arten oligotropher Standorte
- Arten saurer Standorte

Als Schlussfolgerung ergibt sich eine Gefährdung der Gemeinschaften dieser Standorte. (Schroeder, 1998: 405f) führt an, dass der Rückgang der Sippengarnituren von Epökophyten und Apophyten insbesondere die meso- bis euhemeroben Standorte betrifft.

Die Effizienz von Artenschutzmaßnahmen wird immer wieder evaluiert. Der Flächenschutz, also der Schutz mittels Naturschutzgebieten, wurde für Schleswig-Holstein in den 1970er Jahren als unzureichend erkannt, da die Mehrzahl der der gefährdeten Pflanzenarten außerhalb dieser Gebiete lag und Vorkommen rückläufig waren (Raabe, 1979 in Wittig, 2012: 258).

Der Biodiversitätsverlust kann u.a. als das Überleben der Menschheit selber gefährdend betrachtet werden (Cardinale *et al.*, 2012), da er für die Menschheit notwendige *Ecosystem services* (Millenium Ecosystem Assessment, 2005b; TEEB, 2010) beeinflusst. Durch vielfältige oder besondere Maßnahmen im Umweltschutz, wie das DDT Verbot in den 1970er Jahren, aber auch durch Investitionen in den Artenschutz und Unterschutzstellung und die damit verbundenen Maßnahmen konnten und können für Populationen stabilisierende Effekte erzielt werden (Mammen und Stubbe, 2004; Donald *et al.*, 2007; EEA und Publications Office of the European Union, 2015; Waldron *et al.*, 2017). In vielen Fällen, trotz der vielfältigen Maßnahmen, ist aber eine weitere, teilweise kritische, Verringerung der Gesamtpopulationen zu verzeichnen, bis hin zum Aussterben von Arten im europäischen oder deutschen Kontext (EEA und Publications Office of the European Union, 2015; Bundesamt für Naturschutz, 2015; Deutscher Bundestag, 2017b). Auch im globalen Kontext sind in den letzten Jahren viele Arten ausgestorben oder einem hohen Risiko des Aussterbens ausgesetzt (Cardillo *et al.*, 2008; Hoffmann *et al.*, 2010; Pimm *et al.*, 2014).

Nach Schroeder (1998: 406) hat bis ca. 1950 der menschliche Einfluss in Mitteleuropa sowohl eine Zunahme der Standortdiversität als auch der Artenanzahl in der Flora verursacht. Seitdem verringert sich die standörtliche und floristische Vielfalt (in der Landschaft), verursacht hauptsächlich durch Mechanisierung und Industrialisierung der Landwirtschaft. Maßgeblich hierbei ist die Beseitigung der natürlichen Standortvielfalt, übermäßige Düngung und die großflächige Anwendung von Herbiziden. Dadurch sind von den ehemals euhemeroben Pflanzengesellschaften immer größere Flächen in einen polyhemeroben Zustand übergewechselt, indem eine Veränderung der natürlichen Standortbedingungen induziert wurde. Siehe hierzu auch Abbildung A-16. Nur die Waldstandorte sind weitestgehend wenig verändert (Schroeder, 1998: 404). Zu grundsätzlich ähnlichen Aussagen kommt Dierschke (1994: 56-59). Zu Hemerobiegraden vergleiche auch Dierschke (1998: 66-73).

Nach Korneck *et al.* (1998, in Wittig, 2102: 256f) sind die wichtigsten Gefährdungsursachen für Gefäßpflanzen: Intensivierung der Nutzung und Nutzungsaufgabe durch die Landwirtschaft, Irreversible (durch Bebauung) und reversible Zerstörungen der Standorte, Nährstoffeinträge und die Unterbindung von Dynamik.

Thermophile Arten wie die Zaun- und Mauereidechse, die einen natürlichen Verbreitungsschwerpunkt eher im mediterranen Raum haben, kommen aber auch außerhalb Ihres natürlichen Verbreitungsschwerpunktes vor und breiten sich z.B. entlang von Bahnanlagen aus (Dudek, 2015). Weil sie deshalb Kulturfolger sind, müssen solche Arten in neubesiedelten Regionen nach FFH-RL nicht geschützt werden (Kapitel 2.4.3.3, Europäische Kommission, 2007: 10ff; Laufer, 2014; Bundesamt für Naturschutz, 2016).

Da Festungsstandorte z.B. auch Quartier für diese Eidechsenarten aber auch andere thermophile Reptilien sein können, müssen daher bei Standortentwicklungen zwingend auch Belange dieser beiden Richtlinien berücksichtigt werden, unabhängig vom geographischen Standort dieser Anlagen. Hierbei sollten Vorgaben der fachlich begründbare Habitatklassifikationen nach Europäische Kommission (2007) umgesetzt werden.

Durch die (scheinbar) fehlende Abstufung der Gefährdungssituation einzelner Arten und Gemeinschaften in o.g. Richtlinien analog zur IUCN-Listung oder zu nationalen Gefährdungseinstufungen, kann eine Gefährdungsabschätzung nach EU Recht nur bedingt umgesetzt werden. Siehe aber auch die Ausführungen zu FFH-RL Anhang II, IV und V Arten in Kapitel 2.4.3.3 sowie Europäische Kommission (2007). Zudem ist hier vordergründig die Überprüfung und Evaluation der Korrektheit oder die Veränderung der Listen politisch quasi

unmöglich oder war bei der Ausarbeitung der Richtlinien nicht gewollt. Um eine innereuropäische Evaluation der Gefährdungsabstufung umzusetzen, wurde allerdings nach Maßgabe der IUCN Kategorien eine „Europäische Rote Liste“ sukzessive aufgebaut die zum Teil zum Zeitpunkt der Einsicht noch unvollständig ist (IUCN, 2010).

2.5.2 Urbane Artenvielfalt in Mitteleuropa

Nach Wittig (2012: 242) ist die städtische Artenkombination, trotz ihres Artenreichtums, innerhalb einer Klimazone weltweit uniform und stellt daher keinen wesentlichen Beitrag zur Biodiversität dar. Durch die quasi homogenen abiotischen Bedingungen sind diese kein Zentrum von Endemismus (McKinney, 2006 & Wittig und Becker, 2010 in Wittig, 2012: 261).

Diese Stadtvegetation aber auch die faunistische Zusammensetzung ist zum großen Teil synanthrop, d.h. bedingt durch das Vorhandensein von Siedlungen. Zudem kann es neben der fakultativen Synanthropie eine obligatorische Synanthropie geben, bei der ein wesentliches Vorkommen der Art im Raumkontext ohne Siedlungen oder menschlichen Einfluss nicht stattfindet. Hierbei sind in Europa Süd-Nord-Gradienten für einige Arten ausmachbar; — d.h. je weiter nördlich diese vorkommen umso enger ist ihre Existenz an den Menschen und seine Siedlungen gebunden (Bsp. *Cymbalaria muralis*). Teilweise ist dies auch an den Verlust von nativen Habitaten geknüpft, sodass urbane Räume quasi nur Ersatzhabitate bereitstellen, die erst in jüngerer Vergangenheit besiedelt wurden. Ursachen der Synanthropie sind u.a. auch in günstigen klimatischen Verhältnissen, guten Nahrungs- und Brutbedingungen und in der Vielfalt der Biotopstrukturen zu suchen (Tischler, 1990: 282-286).

Durch vielfältige Strukturen und Landschaftsbestandteile wie Parks, Grünflächen, Friedhöfe, Vorgärten, Kleingewässer, Brachflächen, Industrie- und Verkehrsflächen sowie kleinräumige Strukturen wie Hecken und Mauern stehen potentiell viele unterschiedliche Biotopstrukturen und -qualitäten zur Verfügung. Tendenziell sind diese eu- bis polyhemerob. Zur Dynamik des Artenaustausches im urbanen Kontext siehe Tischler (1990: 288).

In der polyhemeroben urbanen Landschaft ist die Herausbildung urbaner ruderaler Pflanzengesellschaften aus Epökophyten bzw. Archäophyten, wie *Echio-Melilotetum* oder *Hordeetum-murini* typisch (Ellenberg, 1996: 862-870). Die Stadtvegetation in ihrer Gesamtheit ist zudem gekennzeichnet durch unterschiedlich stark ausgeprägte Anteile gebietsfremder (neophytischer) Pflanzen oder Tieren, die zum Teil invasiver Natur sind (ebenda). Eine Übersicht historisch eingebürgerter Arten in Mitteleuropa, die u.a. das Artenspektrum der

Städte beeinflussen liefern Ellenberg (1996: 862) und Poschlod (2017: 43 & 186f). Für eine Übersicht der historischen floristischen Veränderungen in Mitteleuropa siehe Abbildung A-17.

2.5.3 *Novel Ecosystems*

Novel ecosystems (NE), auch als „entstehende Ökosysteme“ bezeichnet, sind durch grundsätzlich neue Artenkombination und relative Abundanzen gekennzeichnet, die als solche vorher in diesem Biom (Areal) noch nicht existierten (Hobbs et al., 2006). Sie werden auch als „synthetische Ökosysteme“ bezeichnet (Odum, 1962). Sie sind quasi mehr oder weniger komplexe Ersatzhabitate für natürliche sowie neue und eigentlich (noch) gebietsfremde Arten. Pflanzensoziologisch können sie sowohl (verarmte) Basal- bzw. Rumpfgesellschaften oder aber Ersatzgesellschaften darstellen und stehen im Kontrast zu den natürlichen Pflanzengesellschaften einer Region bzw. eines Areals (Kapitel 2.2.1.2 und 2.2.1.3). Zugleich können sie durch ihre geringe Komplexität oftmals nicht die vollständigen Funktionalitäten von (halb)natürlichen System ersetzen (Kowarik, 2011).

Da die Bezeichnung *ecosystem* nicht gleichzusetzen ist mit der deutschen Begrifflichkeit „Ökosystem“, sollte die inhaltlich korrektere Bezeichnung „neuartiges Ökotopt/ Biotop“ anstelle von *Novel Ecosystem* in deutschen Sprachgebrauch verwendet werden (Kapitel 2.2.1.2), da diese auch die räumliche Eingrenzung erleichtert.

Grundsätzliche Ursachen für das Entstehen von NE können diszessive Sukzessionen, d.h. Veränderungen von Pflanzengesellschaften durch Veränderungen abiotischer Bedingungen und damit verbundene soziologische Verarmung (Dierschke, 1994: 463-467) und Apophytisierung, d.h. Standortübergang bzw. Gesellschaftswechsel, sein (Wittig, 2012: 92f). Daneben gibt es klimatisch und auch infrastrukturell bedingte neuere Ausbreitungstendenzen aus angrenzenden Arealen (Dierschke, 1994: 60-65; Dudek, 2015; Poschlod, 2017: 86-96).

Die Einführung oder Einwanderung gebietsfremder Arten ist meistens direkt durch den Menschen verursacht, z.B. für die Robinie in Mitteleuropa (Vítková et al., 2017), und wird in seinen Effekten vielfältig diskutiert (Kowarik, 2011: 1980). Diese Klarheit der Kausalität ist neben anderen direkt dem Menschen zuzuschreibenden Veränderungen der biotischen und abiotischen Bedingungen, z.B. die Ausprägung halophytischer Pflanzengesellschaften entlang der Autobahnen durch Salzung, ist nach Hobbs et al. (2006) Grundlage für die Definition eines NE. Indirekte Effekte sind dagegen am anderen Ende des kausalen Kontinuums für eine Zuordnung zur Klasse der NE. Zur Diskussion um Ursachen, Bezeichnungen und Definitionen

von NE siehe auch Hobbs *et al.* (2006), Hobbs *et al.* (2009), Kowarik (2011), Hobbs *et al.* (2013), Marris *et al.* (2013), Aronson *et al.* (2014), Hobbs *et al.* (2014), Morse *et al.* (2014), Murcia *et al.* (2014), Truitt *et al.* (2015).

Die Ausprägung eines temporären Equilibriums (*steady state*) der Artenbeziehungen als Grundlage der synsoziologischen Beschreibung wird aus Gründen der Dynamik in diesen neuen Biotopen abgelehnt. Vielmehr wird die Unumkehrbarkeit (Irreversibilität) in einen hybriden bzw. historischen Zustand (Hobbs *et al.*, 2009) als Indikator für eine Definition favorisiert, auch wenn die Feststellung der Irreversibilität durch Indikatorensysteme aktuell noch entwickelt und diskutiert wird (Aronson *et al.*, 2014, Truitt *et al.*, 2015).

Für eine bessere Indikation wurde u.a. vorgeschlagen, die Selbsterhaltung des Systems in Bezug auf Artenzusammensetzung, Struktur, *biogeochemistry* und ESS heranzuziehen (Morse *et al.*, 2014). Siehe dort auch die vergleichende Übersicht in der Literatur bis dato diskutierter NE des überarbeiteten Bewertungsschemas.

Das Auftreten von *Novel Ecosystems* im Gegensatz zu natürlichen Ökosystemen wird im Allgemeinen als ein Effekt der Zunahme des menschlichen Einflusses im Anthropozän bezeichnet (Morse *et al.*, 2014), da sich im langfristigen historischen Kontext jedes derzeitige Ökosystem (Ökotox/ Biotop) irgendwann einmal entwickelt hat und neuartig war. Nach der in Kapitel 2.1.3.2 beschriebenen Aspekte wären dies alle nach 1950 in Europa entstandenen neuartigen Biotope incl. der danach auftretenden neuen Arten. Allerdings ist das Auftreten derzeitiger invasiver Arten in Europa teilweise bereits vorher dokumentiert (Kowarik, 2011: 1977; Vítková *et al.*, 2017). Nach Morse *et al.* (2014) können NE sowohl absichtlich als auch unabsichtlich durch menschliches Handeln (*human agency*) entstanden sein. Für eine Übersicht zur zeitlich basierten Grenzziehung des Auftretens von NE nach unterschiedlichen Bewertungsschemata siehe Truitt *et al.* (2015: 1219f)

2.5.4 Schutzgebiete und deren Aufgaben im Naturraum

Innerhalb der EU existieren folgende wichtige Schutzgebiete als Teil des NATURA2000 Schutzgebietsnetzwerkes: FFH-Gebiete und Europäische Vogelschutzgebiete (SPAs). Darüber hinaus gibt es eine Vielzahl weiterer Schutzgebiete, die sowohl Teil des nicht-EU Emerald-Netzwerkes oder Teil bestimmter Zielsetzungen bzw. Natur- und Artenschutzbemühungen sind, z.B. Biosphärenreservate. Vergleiche für eine Übersicht das Wikimedia Archiv (anonymous, 2018b).

§§23 bis 30 BNatSchG sowie §§12 & 13 BWaldG weisen für Deutschland verschieden Kategorien von Schutzgebieten aus (Bundesamt für Naturschutz, 2012a). Die niedrigste Schutzkategorie in Deutschland ist der Naturpark und ist vergleichbar mit der IUCN Schutzkategorie V. Die höchste Schutzkategorie in Deutschland ist das Naturschutzgebiet, IUCN Kategorie I (EUROPARC Deutschland, 2010). Mit zunehmender Schutzkategorie werden die Schutzgebiete oftmals kleiner. Die o.g. Schutzgebiete können ineinander verschachtelt sein, d.h. kleinere Gebiete können in größeren Kategorien vorkommen. Zudem können einzelne Schutzgebiete nochmals zoniert sein (Bundesamt für Naturschutz, 2012c).

Tabelle 3: Schutzgebietskategorien in Deutschland, vergleichbare IUCN Klassen und durchschnittliche Größen in Deutschland, Stand ca. 2017 (Bundesamt für Naturschutz, 2012a)

Schutzgebiet	Vergleichbare IUCN Kategorie	Durchschnittliche Größe in Deutschland	BNatSchG vom 29.07.2009
Naturschutzgebiete	IV	156 ha	§ 23
Nationalpark	II	13411 ha	§ 24
Biosphärenreservat	unklar	39179 ha	§ 25
Landschaftsschutzgebiete	IV/V	1153 ha	§ 26
Naturpark	V	9657 ha	§ 27
Naturdenkmäler	III	unbekannt bzw. nicht möglich	§ 28
Geschützte Landschaftsbestandteile	unklar	unbekannt	§ 29
Gesetzlich geschützte Biotope	unklar	unklar	§ 30

Die Aufgaben der verschiedenen Schutzkategorien lassen sich nicht unmittelbar vergleichen, da die Schutzziele und das Management um diese Schutzziele unterschiedlich sind. Prinzipiell wird allerdings in Naturschutzgebieten meist spezieller Arten- und Biotopschutz (Objektschutz) betrieben, wohingegen in Naturparks und Landschaftsschutzgebieten eher allgemeiner Natur- und Prozessschutz sowie Landschaftsschutz umgesetzt wird. Die entsprechenden Schutzgebietsziele und die daraus resultierenden Aufgaben werden bei der Ausweisung der Gebiete mittels der Schutzgebietsverordnungen festgelegt und ggf. später evaluiert und angepasst.

2.5.5 Biotopverbund/ Biotopvernetzung

2.5.5.1 Zielsetzungen

Basis des Biotopverbundes sind die Zielsetzungen der FFH Richtlinie, insbesondere die Ausführungen in Artikel 4 und 10 der Richtlinie zur Kohärenz des Schutzgebietsnetzwerkes NATURA2000. In diesen wird gefordert, über entsprechende Landnutzungspolitiken in den

Mitgliedstaaten Landschaftselemente zu fördern, die die Wanderung, die geographische Verbreitung und den genetischen Austausch wildlebender Arten fördern (Art 10. FFH-RL). Diese sollen die nach Art. 4 ausgewiesenen Schutzgebiete für Lebensraumtypen des Anhang I und Arten des Anhangs II fördern.

Für die deutsche Umsetzung der Forderung ist auf die Regelungen des BNatSchG zu verweisen:

„(1) Es wird ein Netz verbundener Biotope (Biotopverbund) geschaffen, das mindestens 10 Prozent der Fläche eines jeden Landes umfassen soll.

(2) Teile von Natur und Landschaft können geschützt werden

- 1. nach Maßgabe des § 23 als Naturschutzgebiet,*
- 2. nach Maßgabe des § 24 als Nationalpark oder als Nationales Naturmonument,*
- 3. als Biosphärenreservat,*
- 4. nach Maßgabe des § 26 als Landschaftsschutzgebiet,*
- 5. als Naturpark,*
- 6. als Naturdenkmal oder*
- 7. als geschützter Landschaftsbestandteil.*

(3) Die in Absatz 2 genannten Teile von Natur und Landschaft sind, soweit sie geeignet sind, Bestandteile des Biotopverbunds“ - §20 BNatSchG

„(1) Der Biotopverbund dient der dauerhaften Sicherung der Populationen wild lebender Tiere und Pflanzen einschließlich ihrer Lebensstätten, Biotope und Lebensgemeinschaften sowie der Bewahrung, Wiederherstellung und Entwicklung funktionsfähiger ökologischer Wechselbeziehungen. Er soll auch zur Verbesserung des Zusammenhangs des Netzes „Natura 2000“ beitragen

(2) Der Biotopverbund soll länderübergreifend erfolgen. Die Länder stimmen sich hierzu untereinander ab.

(3) Der Biotopverbund besteht aus Kernflächen, Verbindungsflächen und Verbindungselementen.“ - §21 BNatSchG

Der Biotopverbund besteht somit aus Kernflächen der NATURA2000 Gebiete (Gebiete der FFH-RL und Vogelschutzrichtlinie und diese unterstützenden Korridoren und Trittsteinbiotopen. *„Der Biotopverbund ist folglich ein Oberbegriff für den ökosystemaren Verbund von Lebensräumen und Lebensgemeinschaften, welcher Wechselbeziehung untereinander sowie das weiträumige Wandern von Arten ermöglicht und somit zur Erhöhung der Biodiversität und zur Verbesserung des Biotop- und Artenschutzes beiträgt“* (Bannas et al., 2017).

Zu ökologischen Vor- und Nachteilen von Korridoren siehe (Drobnik et al., 2013: 29-31). Zum Maßnahmenkatalog für die Umsetzung in Deutschland siehe Bannas et al. (2017: 11-13). Zum Status der Umsetzung der Planungen in den deutschen Bundesländern siehe Bannas et al. (2017: 46-85).

Trittssteinbiotope sind innerhalb des Biotopverbundes die Migration unterstützende Elemente und unterstützen die Verbreitung mobilerer Arten (Gilpin, 1980; Thomas *et al.*, 1992; Greßler, 1995; Saura *et al.*, 2014; Herrera *et al.*, 2017). Sie können sowohl Sekundärbiotope niedriger Qualität als auch von geringer Größe sein.

2.5.5.2 PEEN und *green infrastructure*

Die „*Pan-European Biological and Landscape Diversity Strategy - PEBLDS*“ der EU (Council of Europe, 1996), hatte zum Ziel, die Vorgaben des CBD Abkommen von Rio 1994 in nationale und europäische Ziele zu verwandeln. Hierfür wurde u.a. das „*Pan-European Ecological Network – PEEN*“ als Umsetzungskonzept etabliert (ecologicalnetworks.eu, 2007), welches die Errichtung des NATURA2000 Schutzgebietsnetzwerkes bis 2016 unterstützen sollte (Jongman *et al.*, 2011). Hierfür wurden in der westlichen, mittel-, ost- und südeuropäischen Region Europas u.a. mittels Fernerkundungsdaten Räume identifiziert, die sowohl der Kohärenz des NATURA2000 Schutzgebietsnetzwerkes als auch den multifunktionalen Zielen der PEBLDS dienlich sein könnten. Es wurden erstmalig auf gesamteuropäischer Ebene mit einheitlicher Methodik und umfangreichen nationalen und internationalen Ausgangsdaten unfragmentierte Biotoptypen (*unfragmented habitats*) charakterisiert (Bouwma *et al.*, 2002; Biró *et al.*, 2006; Jongman *et al.*, 2006; Bonnin *et al.*, 2007; Jongman *et al.*, 2011), die wichtig und groß genug für Arten von europäischem Interesse sind. Für die Vernetzung dieser wurden ökologisch relevante Korridore vorgeschlagen, von denen Teile in nationale Planungen eingeflossen sind.

Die „*green infrastructure*“ (grüne Infrastruktur) Initiative der EU versucht mittels raumübergreifender territorialer Überschneidungen (*territorial cohesion*) die Landnutzung vielschichtig und nachhaltig umzusetzen, und baut dabei auch auf den Erkenntnissen des EU-Arten- und Naturschutzes sowie auf den Resultaten des PEEN auf. Sie ist Teil der territorialen Agenda 2020 der EU und wird flankiert von vielschichtigen Maßnahmenpaketen, wie *policies* und Fördermöglichkeiten (European Commission, 2009; EEA und Publications Office of the European Union, 2011; European Commission, 2012; European Commission, 2013b; European Commission, 2016). Die Initiative soll dabei in den Sektoren Land- und Forstwirtschaft, Wasserwirtschaft, Transport, Bergbau und Tourismus umgesetzt werden. Ebenso sind Bedürfnisse der urbanen Landschaft und Erfordernisse, die sich aus dem Klimawandel ergeben, zu berücksichtigen. Mögliche Elemente grüner Infrastruktur können sein: lokale Parks, Gärten, Hausdächer, Teiche, Flüsse und Bäche, Forsten, Hecken, Wiesen, Meeresdünen sowie größeren Zusammenhang größere Schutzgebiete, Seen und Flüsse, naturnahe Wälder, extensive Weiden

und Landwirtschaftsflächen etc. (European Commission, 2013b). Diese sollen adäquat verbunden werden. Zum Mehrwert dieser Flächen und Strukturen, auch unter der Berücksichtigung der zu erwartenden Ökosystemdienstleistungen, siehe European Commission (2012; 2013b: 4f). Neben Schutzgebieten werden damit Allerweltsflächen aufgewertet, also eine Aufwertung der sogenannten „eh da“ Flächen.

Somit werden quasi alle unkonventionellen Flächen als solche interessant für eine ökologische, soziale, kulturelle und wirtschaftlich nachhaltige Umweltpolitik innerhalb der EU.

2.6 Biotopmanagement in Festungsanlagen

2.6.1 Zielsetzungen

Management von Biotopen beinhaltet einerseits die Umsetzung von speziellen Arten- und allgemein orientiertem Naturschutz und andererseits die Umsetzung von allgemeinen landschaftsplanerischen Aspekten. Diese stehen im Zusammenhang (Haug, 2000). Das Management geschützter Biotope erfolgt nach einer Schutzgebietsverordnung, die Entwicklungsziele und Maßnahmen festlegt. Das Management anderer nicht geschützter Biotope und Flächen, da diese auch Biotope sind, beinhaltet in der Regel auch eine Berücksichtigung allgemeiner naturschutzfachlicher Aspekte, z.B. Schnittverbot von Gehölzen während der Brutsaison, oder die Berücksichtigung von Aspekten der Verkehrssicherheit.

Biotopmanagement dient im weitesten Sinne dem Erhalt der Biodiversität und bedeutet hier Erhalt der Arten und Erhalt und ggf. auch die Neuschaffung von Biotopen als kleinste Teile des landschaftlichen Ökosystems und ist als Naturschutzpraxis zu bewerten.

Biotopmanagement ist in seiner Zielsetzung inhaltlich gleichsetzbar mit Biotoppflege. Grundsätzlich steht hierbei der Aspekt „Schutz durch Nutzung“ in Vordergrund naturschutzfachlicher Pflege- und Managementaufgaben, die im Detail sehr unterschiedlich sein können. So erfordert die Biotoppflege bzw. das Biotopmanagement von Waldrändern (Joachim, 2000) andere Aktivitäten als die Pflege von Flur- und Feldgehölzen (Joachim und Schrödl, 2000) und die Pflege von Trockenrasen und Heiden (Schohknecht, 2000) andere als die von Feuchtgrünland (Baeck, 2000).

2.6.2 Ansätze und Methoden

Die Förderung dynamischer Prozesse (Management durch massive Störungen) (Bundesamt für Naturschutz, 2018) ist eine mögliche Lösung für die Umsetzung der Naturschutzpraxis mittels des Biotop-managements. So wird v.a. die Dynamik in einem größerem landschaftlichen Teil des Öko-systems gefördert und meist in größeren Offenlandbiotopen angewendet (Riecken *et al.*, 1998).

Die Förderung dynamischer Prozesse ist nur ein Teil des Flächenschutzes. Belange der Biotopvernetzung sind zu berücksichtigen und sollen zur Erhaltung der Biodiversität beitragen (Frey und Lösch, 2010: 503-514). Ziele und Umsetzung des Flächenschutzes sind im Hinblick auf das einzelne zu schützende Biotop zu betrachten, welches in sich stabil und resilient gegenüber externen und internen Störungen sein sollte. Dabei erfordert die Segregation von Naturschutz und übriger Landschaftsnutzung (Kunz, 2017: 9ff) für das Biotopmanagement einen „*erheblichen steuerfinanzierten Aufwand*“, v.a. um die negativen Effekte der umliegenden Areale abzupuffern.

Grundsätzlich andere Möglichkeiten der Biotoppflege manifestieren sich durch gezielte Eingriffe und Gestaltungen von einzelnen kleineren Biotopstrukturen, Objekten und Landschaftselementen, wie z.B. die Pflege und Gestaltung von Kopfweiden (Schrödl und Joachim, 2000), Flurgehölzen (Joachim und Schrödl, 2000), Streuobstwiesen (Dietrich, 2000), Pflege und Gestaltung von Mauern, Zäunen und Wegen (Peters und Schneegans, 2000). Hier werden durch Pflegemaßnahmen landschaftsgestalterische sowie ökologisch-naturschutzfachliche Ziele umgesetzt, wobei die resultierende Aufwertung und Erhaltung des ökologischen Potentials im Sinn der Biotopvernetzung erfolgt.

Zugleich kann eine Biotoppflege bzw. ein Biotopmanagement auch im urbanen Raum erfolgen, wobei spezieller Artenschutz, wie z.B. für Fledermäuse (Teubner *et al.*, 2000; Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2001; Schmidt, 2017), oder aber allgemeine Naturraumpflege und Aufwertung (Peters und Holzhausen, 2000) möglich ist.

2.6.3 Management von Novel Ecosystems in Festungsanlagen

Festungsanlagen des mitteleuropäischen Raumes können, wenn sie nicht in intensive parkähnliche Pflegepläne eingebunden sind und auch teilweise aufgelassen wurden, Rückzugsraum für Arten und deren Gemeinschaften bei zerstörten Primär- oder Ersatzhabitaten

sein, wenn diese die gleichen oder ähnlichen Funktionalitäten wie der natürliche Lebensraum aufweisen. So erweisen sich dornige Gestrüppe invasiver Akazien-Arten in Südafrika funktionell geeignet u.a. für Nestbau von einheimischen Vögeln (Rogers *et al.*, 2014) und sind damit in diesem Aspekt funktionell gleichwertig zu anderen einheimischen Gebüsch und Gestrüppen. Diese Erkenntnis kann prinzipiell auch auf Gebüschstrukturen in Europa übertragen werden. Allerdings kann eine veränderte Abundanz einzelner Arten in diesen Systemen auftreten (Lindenmayer *et al.*, 2008), da diese eben nicht das gleiche ursprüngliche Biotopsystem sind.

„Old styles of management, which focused on removing undesirable species or conditions from ecosystems to return them to a prior condition, may no longer be sufficient“ (Kowarik, 2011). Ein Biotopmanagement in Festungsanlagen kann also z.B. bedeuten, dass die Verbreitung und Ausbreitung invasiver Arten eingedämmt wird oder akzeptable abiotische Bedingungen wieder hergestellt werden, z.B. durch Dekontamination oder Sanierung von Altlasten. Auch eine Ansät und Anpflanzung von standortgeeigneten Arten auf devastierten Standorten in NE ist denkbar (Seastedt *et al.*, 2008), analog zur komplexen Rekultivierung von Braunkohletagebauflächen (Katzur, 1996; Landeck *et al.*, 2017) oder anderer devastierter Standorte (Eschner *et al.*, 1995; Riesbeck, 2001). Hierbei können positive Nebeneffekte z.B. für die Erholung auftreten die sich u.U. auf Ecosystem Services (ESS) auswirken (Katzur, 1997; Kapitel 2.8).

Biotopmanagement in NE heißt, dass abgewogen und identifiziert werden muss (Hobbs *et al.*, 2009), ob es:

- eine Rückkehr in einen historischen Zustand gibt
- eine Wiederherstellung elementarer Schlüsselemente geben kann (*restoration of key system structures*)
- eine Rückkehr zu einem hybriden oder historischen Zustand aufgrund zu großer, systeminterner, Wiederherstellungsbarrieren (*restoration thresholds*) unwahrscheinlich oder anschießbar ist.

Hierbei können und sollten auch Aspekte von ESS (Kapitel 2.8) berücksichtigt werden. Allerdings muss bei der Identifikation und Quantifizierung von Wiederherstellungsbarrieren der Bezugsrahmen definiert werden, damit nicht nur monetäre Aspekte eine Berücksichtigung finden (Murcia *et al.*, 2014: 552). Eine klares Konzept zur Ermittlung dieser Barrieren existiert noch nicht bzw. wird aktuell vielschichtig diskutiert (Aronson *et al.*, 2014; Truitt *et al.*, 2015).

Zugleich muss in den Fällen, dass eine Rückkehr zum alten (angenommen) Status quo unmöglich wird, die Umsetzung naturschutzfachlicher Aspekte ein Biotopmanagement in NE von traditionellen Naturschutz und Biotopmanagement flankiert werden, die über die lokale Örtlichkeit hinweg in den Raum wirken (Hobbs *et al.*, 2014).

Die in Truitt *et al.* (2015: 1222) vorgeschlagenen Maßnahmen zum Umgang mit Vektoren/Treibern des Wandels in Richtung von NE lassen sich auch auf ein Biotopmanagement in Festungsanlagen prinzipiell anwenden, erfordern aber eine Identifikation dieser Treiber und ein adäquates und begleitendes stetiges Handeln mittels Managementplänen. Somit erfordert der Umgang mit NE ein ausgewogenes Biotopmanagement, welches sowohl diese selbst auch naturnahe und natürliche Systems berücksichtigt („*managing the naturalness and wilderness*“) (Thompson, 2017).

Damit wird ein Biotopmanagement bzw. eine Biotoppflege in Festungsanlagen von der allgemeinen Debatte, folgend aus den wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Auseinandersetzung zu NE und zur (adaptierten Neu-) Ausrichtung des Naturschutzes flankiert bzw. überlagert (Kowarik, 2011; Thompson, 2017). In dem „kleinen“ Raum der Festungsanlagen verdichten sich also alle denkbaren Ansprüche an die (Kultur-)Landschaft. Das muss berücksichtigt werden.

2.7 Festungsanlagen

2.7.1 Allgemeine Definitionen

Fokus der Untersuchungen in dieser Arbeit sind Festungsanlagen, errichtet zwischen dem 16. und dem 19. Jahrhundert, welche fast überall in Europa vorzufinden sind (Gariglio und Minola, 2001; Hällström *et al.*, 2004; Rolf, 2004; Losse, 2008). Mittelalterliche Burgen, nachträgliche befestigte Bauwerke, wie z.B. das Stift Gottweig (AT) (Stift Göttweig, 2017) und Bunker des 20. Jahrhunderts sind auch befestigte Anlagen, werden hier aber nur peripher erwähnt. *Moderne Festungsanlagen*, errichtet zwischen dem 16. Jahrhundert und dem Ende des 19. Jahrhundert, waren primär Antwort auf die Erfindung der modernen (nicht-explosiven) Artillerie im 16. Jahrhundert und die Zeit der großen stehenden Heere des 19. Jahrhunderts.

Festungsanlagen im Allgemeinen wurden teilweise als Sonderbauwerke an strategisch wichtige Punkte gesetzt, wie z.B. die *k.u.k. Alpenfestung Franzensfeste* (IT) (Hackelsberger, 1986) oder dienten als Verteidigungsanlagen bereits vorhandener Städte, wie z.B. die *preußische*

Bundesfestung Ulm (Burger, 2006). Teilweise wurden auch unter militärischen Gesichtspunkten durchgeplante Festungsstädte errichtet, wie z.B. Palmanova (IT) (UNESCO World Heritage Centre, 2017). Moderne Festungsanlagen können als militärische Zweckbauten und Einzelbauwerke teilweise Flächen größer als 0,5 Quadratkilometer abdecken, z.B. die Zitadelle von Namur (B) (Ville de Namur, 2017).

Festungsanlagen wurden aus vielfältigen Gründen und Zielen errichtet. Teilweise vermischen sich Beweggründe bei der Planung einzelner Anlage oder wurden nachträglich hinzugefügt. Gründe können u.a. sein: Defensivstellung, Schutz- und Protektoratsausübung, Vorposten, Präsenz, Herrschaftssicherung, Absicherung von Zoll-, Steuer- und Gütereinkünften und Städteschutz. Siehe hierzu von Clausewitz (1833), 6. Buch, Kapitel 10.

Eine nicht genau bezifferbare Anzahl von Einzelbauwerken und komplexen Ensembles wurden seit dem Beginn des 16. Jahrhunderts innerhalb aber auch außerhalb Europas errichtet. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass es innerhalb Europas inklusive der britischen Inseln mehrere hundert solche Anlagen gibt oder gab. Allein in der Region Veneto (IT) sind mehr als 50 Einzelbauwerke aus unterschiedlichen Baupochen erfasst und gelistet (Meneghelli, 2012).

Die Erfindung der modernen Explosiv-Artillerie-Munition im späten 19. Jahrhundert machte diese Verteidigungssysteme schnell strukturell veraltet und teilweise nutzlos für die taktische Kriegsführung (Dumsky, 1987; Jordan, 2003; Kaufmann und Kaufmann, 2014). Oft wurden diese Gebäude und Anlagen allerdings weitergenutzt, teilweise auch militärisch, und dienten v.a. im letzteren Fall meist als Lager oder als Standorte für stationierte Truppenteile, Geräte oder Munition, wie z.B. die Festungsanlagen der ehemaligen *k.u.k. Festung Komárom* (HU) bzw. *Komárno* (SK) (UNESCO World Heritage Centre, 2007). In vielen Fällen wurden diese Anlagen, oder deren Teile allerdings militärisch aufgegeben, auch nicht weiter zivil genutzt, z.B. das *Fort Sarbinowo* (PL), ein detachiertes Fort der ehemaligen *preußischen Festung Kostrzyn* (PL) oder das *Fort Hahneberg*, das einzige detachierte Fort der *Zitadelle Spandau* (D), welches durch seine Lage im ehemaligen Grenzsperrgebiet zwischen West-Berlin und der DDR zwischen 1961 und 1989 keiner Nutzung unterlag (Schulze, 2004). In anderen Fällen wurden diese Anlagen aber auch abgetragen, gänzlich oder teilweise, sowohl im 20. Jahrhundert als auch bereits im 19. Jahrhundert, z.B. der *Festungsring Köln* (Meynen, 2000), oder waren durch Kriegseinwirkungen teilweise oder gänzlich zerstört z.B. die ehemalige *k.u.k. Festung Przemyśl* (PL) (Tunstall, 2016).

Allgemein und tendenziell lässt sich festhalten, dass im geografisch westlichen Teil Europas Moderne Festungsanlagen eher demilitarisiert und in zivile Nutzungen überführt wurden als im östlichen Teil Europas.

2.7.2 *Typologie und geographische Verbreitung*

Diese Unterkapitel versucht eine kurze Zusammenfassung relevanter Aussagen zu Typologie, Systematik und Verbreitung von modernen Festungsanlagen zu geben. Im Detail sind trotzdem die wenigen zitierten Quellen zu betrachten, da Spezialfälle und militärtaktische Gründe und Überlegungen des Festungsbaus den Rahmen dieser Arbeit sprengen würden. Das Kapitel dient daher nicht als Lexikon der Festungsbaukunst, sondern soll Nicht-Festungsexperten einen verständnisgebenden Überblick verschaffen. Daher soll auch in diesem Zusammenhang auf die teilweise sehr detaillierten Ausführungen zu Festungsbauaspekten im Wikimedia Archiv (anonymous, 2017a; 2017b) verwiesen werden, die *de facto* auch nur Exzerpte aus den üblichen Festungsbaulexika sind.

Dieses Kapitel ist auch eine Zusammentragung von Wissen des Verfassers aus verschiedenen Publikationen, unveröffentlichten Hochschulschriften, Forschungsberichten und nicht-akademischer Quellen. Es wird bewusst daher darauf verzichtet, in folgenden Ausführungen der Typologie usw. detaillierte Textnachweise im Fließtext zu geben. Aufgrund teilweise ungenügender Quellenlage ist dies unter Umständen auch gar nicht möglich. Benutzte und empfohlene, teilweise lexikaähnliche, Standardwerke sind u.a. Neumann (1994), Stadtgeschichtliches Museum Spandau (2001), Neumann (2002), Rolf (2004), Neumann (2005), Losse (2008), Büren (2011), Kaufmann und Kaufmann (2014). Für weitere deutschsprachige Festungsliteratur wird auf das Publikationsarchiv der Deutschen Gesellschaft für Festungsforschung e.V. (2015) sowie des Studienkreises interfest e.V. (2017) verwiesen.

Je nach geographischer Lage sowie Zweck der Existenz kann man folgende prinzipielle Typen von Festungen unterscheiden: Landes- und Stadtbefestigungen, Bergfestungen und Küstenbefestigungen. In beiden letzteren Fällen sind tendenziell Komplexsysteme aus mehreren unterschiedlich großen Einzelkomplexen vorzufinden, z.B. die viktorianischen Küstenbefestigungen des Ärmelkanals. Nur selten sind Festungen ein Einzelobjekt und sind dann vergleichsweise groß. Gerade an Küsten oder Inseln finden sich oft Mischfestungen unterschiedlicher Entstehungszeiten, die sowohl Stadt- als auch Küstenbefestigungen aufweisen, z.B. die Befestigungsanlagen Valettas/ Maltas (M), die Venedigs (I) und von Plymouth (GB).

Schmuck- und Pseudobefestigungen ziviler Objekte, sowie Befestigung sakraler Bauten wie Wehrkirchen und Klöster werden hier und weiter nicht betrachtet.

Das Kapitel versucht die umfangreiche Festungsforschung der letzten 30 bis 40 Jahre, den aktuellen Stand der Diskussion um Typisierung von europäischen Festungsanlagen, akademische und nichtakademische Festungsforschung, durch Vereine und AGs europaweit, wiederzugeben. Alle großen Festungen in Europa haben Vereine, die das Erbe, die Kultur und die Geschichte der Einzelfestung(en) pflegen und zur Typisierung aber auch zum Wissen- und Bauerhalt beitragen. Deren Beiträge sind von unschätzbarem Wert für die Festungsforschung und Kulturgutpflege dieser *architectura militaris*, wurden aber bislang zu stark vernachlässigt und missachtet.

Durch die Entmilitarisierungen des 20. Jahrhunderts v.a. durch die Versailler Verträge, aber auch durch vorhergehende Entfestigungen im Rahmen der Napoleonischen Kriege, sowie durch allgemeine Aufgabe und Stadterweiterungen, Beispiel Berlin (D) oder Wien (AT), sind viele Festungsbauten nicht mehr vorhanden, obwohl diese einstmals teilweise als Idealtypen galten. Erstlingsbauten und zitierte Idealtypen und hier aufgeführte Festungen können daher nicht mehr als solche existieren.

Typologie

Es ist existiert eine teilweise uneinheitliche Nomenklatur und Systematik der Festungsanlagen innerhalb Europas, bzw. eine Unmöglichkeit der Anwendung der v.a. durch deutsch-österreichische Festungsforschung entstandenen und im folgenden aufgeführten Klassifikationen der Bauten und Architekturen auf andere Länder. Es wird u.a. vermutet, dass diese bedingt sind durch parallele aber autonome nationale Forschung sowie den Fokus auf das eigene architektonische Kulturgut und dessen Interpretation unter rein nationalstaatlichen Aspekten. Die französische kultähnliche Auseinandersetzung mit dem Vauban'schen Erbe soll hierfür als Beispiel dienlich sein. Allerdings gibt es durch die verschiedenen EU-Projekte v.a. der letzten 15 Jahre durch *Baltic Fort Route* oder *Forte Cultura* und verschiedene andere Veranstaltungen Ansätze und Bestrebungen der Festungsforschung, sich über diese spezielle europäische *architectura militaris* auszutauschen und ein gemeinsames Verständnis hierzu zu erarbeiten.

Zitadellen sind die ursprünglichsten Befestigungsanlagen. Historisch sind in Europa Anfänge der Zitadellen in den Befestigungen der Stadtstaaten Griechenlands zu suchen, welche vermutlich durch Bauten der älteren Kulturen Mesopotamiens oder Indiens inspiriert waren.

Neuzeitliche Zitadellen waren entweder befestigte Städte oder in sich geschlossene Festungen innerhalb oder am Rand einer Stadt, z.B. auf einem Hügel am Rand einer Stadt, z.B. *Zitadelle Petersberg* (D). Errichtet wurden sie in allen Jahrhunderten (von Beginn der Renaissance in Italien bis zum Ende des 19. Jahrhunderts). Durch den Umbau älterer mittelalterlicher Burgen oder Wasserburgen wurden diese teilweise auch in einer Zitadellenform überführt, z.B. *Zitadelle Spandau* (D). Grundlage der Verteidigungssysteme von Zitadellen sind einerseits hohe Mauern oder unüberwindliche (natürliche) Erhebungen sowie Bastionen. Zitadellen wurden teilweise in den Jahrhunderten sukzessive weiterentwickelt oder umgebaut, z.B. *Zitadelle von Bitsch* (F) oder die *Zitadelle Jülich* (D). Zitadellen des Flachlandes sind oft sehr regelmäßig konstruiert (Abbildung 1, links oben).

Bastionärsystem ist das Grundprinzip der modernen neuzeitlichen Festungsbaukunst, welches durch ein systematisches Anordnen vorspringender *Bastionen* aus den Mauern des Hauptwalls gekennzeichnet ist. Bastionen weisen dabei zwei Vorderseiten auf und haben je nach Bauzeit und Stil entweder einen stumpfen oder einen spitzen ausspringenden Winkel (*saillant*). Die Bastionen dienen zur Aufnahme von Facengeschützen (Geschützen gegen den Angreifer) und Flankengeschützen zum Schutz der *Kurtinen* (seitliche Flanken und Räume zwischen den Bastionen). Bastionen wurden meistens kasemattiert. Auch das Bastionärsystem ist ein regelmäßiges Vieleck (Abbildung 1, rechts oben).

Entwickelt wurde das Bastionärsystem ursprünglich in Italien bereits Ende des 15. Jahrhunderts und Anfangs des 16. Jahrhunderts (*altitalienische Manier*). Es ist grundsätzlich gekennzeichnet durch stumpfe Bastionen und lange Kurtinen (Abbildung 1, mitte links). Runde Bastionen, z.B. *Ston* (HR), sind zwar älter als vieleckige Bastionen, sind aber wegen ihrer toten Winkel ungünstiger für die Verteidigung, und oftmals durch nachträglichen Umbau kaum noch existent. Spitze Winkel und kürzere Kurtinen kennzeichnen das Bastionärsystem der *neuitalienischen Manier* (Abbildung 1, rechts oben). Ursprünglich sind Bastionen und das Bastionärsystem reine Mauerwerks- oder Steinbauten, erst später kam eine Gemischtbauweise hinzu. Die Hochphase des Bastionärsystem war die sogenannte „Vauban-Schule“ im späten 17. Jahrhundert.

Ein Variation der italienischen Manieren ist die *niederländische Manier* (Abbildung 1, mitte rechts) des späten 16. Jahrhunderts; — eine reine Erdbauweise der Wälle und nicht

kasemattierter Bastionen, mit breiten Wassergäben, vorgeschobenen Niederwällen (*Fausse-Braie*) und gedeckten Wegen plus zahlreichen Außenwerken; insgesamt ein historischer Vorgriff auf Gürtelfestungen und Tenaillesysteme.

Die Aufgabe des Baustils erfolgte in Europa meist Anfang des 19. Jahrhunderts bedingt durch die Einführung von Geschützen mit gezogenem Lauf während der Napoleonischen Kriege, die die Schwächen dieser Systeme zu Tage förderten. Zudem waren diese Bauten sehr teuer im Vergleich zu neueren Fortifikationssystemen.

Tenaillesystem ein ursprünglich französisches Befestigungssystem des 17. Jahrhunderts mit meist sternförmiger Grundrissausbildung ohne Verwendung von Bastionen und Kurtinen. Es besteht aus ausspringenden- (*Saillants*) und einspringenden Winkeln (*Rentrants*) zur zangenförmigen (*tenaille*= Zange) und gegenseitigen Flankierung der Wälle. *Reduits* und eine zweite Umwallungsline (*Enveloppe*) erweitern den Flächenanspruch dieses Systems.

Polygonalsystem ein ursprünglich in Preußen Anfang des 19. Jahrhunderts entwickeltes Fortifikationssystem (*neupreußische* oder *neudeutsche Befestigungsmanier*). Anstatt von Bastionen oder Vorwerken des Bastionärsystems und flächenhaften Strukturen des Tenaillesystems stützt sich dieses auf die Konzentration von Verteidigungskraft in der Nähe der Festung. Hierfür wurde u.a. *Kaponniere* verwendet, die den Graben schützen, sowie *Glacis* erhöht anstatt verlängert. Das Polygonalsystem ist weniger raumgreifend und baukostenintensiv als ältere Strukturen und gab der Stadtentwicklung freieren Lauf (Abbildung 1, links unten).

Gürtelfestungen bestehen aus Hauptfestung und sie umgebenden mehreren detachierten (vorgelagerten) Forts (Abbildung 1, rechts unten). Taktische Überlegungen zur Defensivkraft von Festungen führten aufgrund nunmehr verlängerter Geschützreichweiten ab Anfang/ Mitte des 19. Jahrhunderts zu einem Ablösen und gleichzeitigem Vorschieben und Verteilen der alten Bastionen in Kanonenschußreichweite zur gegenseitigen Unterstützung der Forts/ Verteidigungswerke (äußerer Gürtel) und des Hauptsystems. Nahezu alle modernisierten und neu errichteten Festungsanlagen Preußens, Österreich-Ungarns sowie Russlands wurden in diesem Stil erbaut. Aber auch in Frankreich und den heutigen Beneluxstaaten sind diese errichtet worden. Zusätzlich waren diese nochmals mit Zwischenwerken, Infanterieräumen, Defensivkasernen, gedeckten Stellungen, Schanzen und Feldstellungen und anderen Werken ausgerüstet. Als Beispiel dienen hier Kostrzyn, Wrocław, Toruń, Przemyśl (alle PL), Mainz (D),

Brest (BY), Komárom (H), Kaunas (LT) und Kaliningrad (RUS) sowie das nach dem deutsch-französischen Krieg entwickelte *Système Séré de Rivières* bzw. *Barrière de fer*.

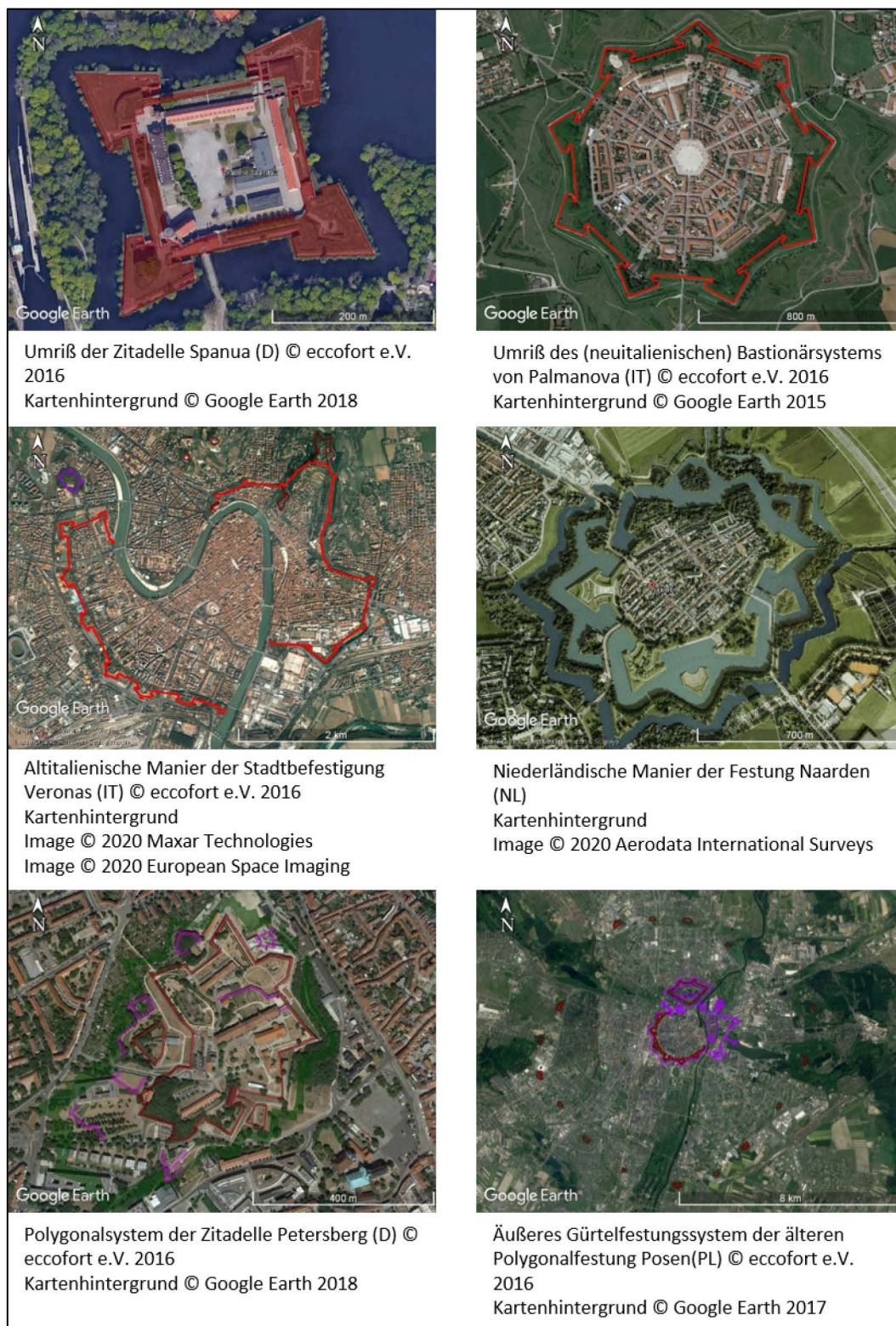


Abbildung 1: Festungstypen in Europa

Militärisch geprägte Landschaften sind prinzipiell um jede Festungsstellung vorhanden, da diese neben Bereitstellungsräumen der Infanterie, Feldstellungen und Beobachtungsposten, gedeckte Wege bzw. maskierte Straßen und diverse Lager und Magazine enthalten. Zudem sind u.a. komplexe landschaftliche wirkende Verteidigungssysteme entstanden, die über Schleusen, Wehre und Kanäle die Verteidigung im Kriegsfall gewährleisten sollten. Als Beispiel hierfür dienen hierfür die *New Dutch Waterline* (NL) sowie die *Festung Wroclaw* (PL).

Verteidigungslinien sind aufgelöste Festungsformen. Sie bestehen meist aus einer Kombination verschiedener wehrtechnischer Anlagen und wurden im 20. Jahrhundert errichtet, z.B. die *Salpa-* und *Mannerheim-Linie* Finnlands, die *Rupnik-Linie* in Slowenien, der Tschechoslowakische Wall sowie der italienische alpine Verteidigungswall *Vallo Alpino*.

Geographische Verbreitung

Verschiedene Baumeister und Architekten waren vielfach in Europa zu allen Zeiten aktiv. D.h. sie waren sowohl bei der Planung der Anlagen als auch direkt beim Bau zumindest zeitweise in verschiedenen Regionen Europas involviert oder auch anwesend; – es gab also einen regen kulturellen Austausch zwischen den Nationen und Ländern und viele Bauten und Erweiterungen sind durch diesen Ideenaustausch inspiriert worden. Berühmte Architekten sind Montalambert, Vauban, Chiaramella de Gandino und Scholl, die in vielen Teilen Europas ihre Spuren hinterließen. Das Festungserbe Europas ist auch aus diesem Grund ein gemeinsames und unabhängig von derzeitigen Landesgrenzen.

Geografisch sind diese Systeme höchst unterschiedlich verteilt. Im Rahmen des EU-Projektes *Forte Cultura* wurde versucht diese Bautypen zu katalogisieren und kartografisch darzustellen (Abb. A-27). Eine stetig wachsende aufgeführte Anzahl weltweit verbreiteter Festungsanlagen auf verschiedenen Kontinenten ist u.a. im Wikimedia Archiv (anonymous, 2018a) zu finden. Kartografische Gesamtdarstellungen existieren derzeit nicht, soweit bekannt.

2.7.3 Baumaterialien

Festungsanlagen wurden grundsätzlich mit den vor Ort verfügbaren Materialien gebaut. Festungen des mitteleuropäischen Tieflandes bestehen größtenteils aus Ziegeln örtlicher Produktion, die zudem laut spezieller Vorschriften bestimmte Charakteristika haben mussten (z.B. Kaunas (LT), Fort Hahneberg, Dömitz (beide D) u.a.), Festungsanlagen der

Gebirgsregionen aus örtlichem Steinen (z.B. Festung Franzensfeste (IT)). Verkleidungselemente oder spezielle Bauteile wie Fassadenelemente können auch aus gebietsfremden Material hergestellt sein (Stadt Dömitz und GOS mbH, 2007).

Füllmaterial für Wälle, Glacis und andere flächenhafte Strukturen sind meist aus ortsbedingten Bodenmaterial bestehend, nur wenige Teile hiervon sind aus anderen Baumaterialien, wie z.B. Contreescarpemauern. Das heißt es wurden die Böden verwendet, die direkt am Bauplatz vorhanden sind, also Sande, Lehme oder Tone. Dies betrifft v.a. Anlagen die in dem Tenaillesystem errichtet wurden und sich in weniger reliefiertem Gelände befinden. Gerade für diese war es aufgrund der großen Flächeninanspruchnahme notwendig, direkt vor Ort befindliches Baumaterial zu verwenden. Für Festungsanlagen der Gebirgsregionen und Höhenlagen wurde meist auf solche flächenhafte Verteidigungselemente verzichtet, obgleich Abdeckungen der inneren Strukturen oftmals auch Sande und ähnliche Materialien sein können. Gemischtbauweisen der flächenhaften Strukturen wie Bastionen und Raveline sind zudem seit den Anfängen des Bastionärsystems bis ins 19. Jahrhundert vielerorts zu finden. Schanzen als einfachste Form von Verteidigungsanlagen sind meist vollständig aus Erdmaterial errichtet.

Die Abdeckungen der Gewölbe (Kasematten) moderner Festungsanlagen bestehen in den meisten Fällen aus einer Tonschicht. Nur in Sonderfällen bestehen diese aus bitumenähnlichen Materialien.

In allen Fällen existierten spezielle Bauvorschriften, welche Materialien wo und in welchem Umfang und v.a. welcher Qualität zu verwenden sind. Im Detail sind diese in den Unterlagen der entsprechenden Festungen vorhanden. Hierzu können Archive wie u.a. das Kriegsarchiv in Wien oder Nachfolger oder Archive der damaligen Bauhöfen Auskunft darüber geben.

Im späten 19. und frühen 20. Jahrhundert wurden neuen Bauwerke, teilweise auch schon errichtete ältere Bauwerksteile, mit unbewehrten Betonabdeckung versehen. Diese Nachrüstung ist eine Folge der Explosivmunition. Häufig sind diese aus gröberen Kies-Sand-Stampfbeton-Gemischen bestehend, um die Explosivkraft aufzufangen. Beispiele sind v.a. in den Grenzfestungen im heutigen Norditalien aber auch in Tieflandslagen zu finden. So sind z.B. die Kasematten der Forts Sarbinowo (PL) und auch die Anlagenkomplexe der Stadt Kaunas (LT), speziell auch Fort Nr. V, so ausgestattet.

2.7.4 *historische Pflege und Bepflanzungen von Festungsanlagen*

Es existiert soweit bekannt eine sehr übersichtliche Auswahl von Literatur zu diesem Thema. Maßgebliche Veröffentlichungen hierzu stammen von einem einzigen Autor, der im Folgenden als einzige verfügbare Quelle aufgeführt werden kann.

Zur baulichen Errichtung von Festungsanlagen existierte ein Pflanzplan, der soweit nachvollziehbar, meist auch so umgesetzt wurde. Zusätzlich gab es für jede Befestigung einen Pflegeplan um die Ziele des Pflanzplanes, der sowohl Verteidigungsgründe als auch Versorgungsaspekte beinhaltete, umzusetzen (Jordan, 2011). Bereits mit dem Aufkommen der ersten Festungsanlagen im frühen 16. Jahrhundert wurden Pflanzempfehlungen gegeben, so u.a. durch Albrecht Dürer (Jordan, 2013: 57f).

Die Umsetzung des Pflegeplanes wurde durch die Festungsmannschaft geleistet und beinhaltete z.B. eine mehrschürige Mahd der Offenland- und Wiesenflächen, Gehölzschnitte und das Entfernen von unerwünschten Gehölzverjüngungen (ebenda).

Zusätzlich wurden in den eigentlichen Festungsanlagen und im Umfeld Obst und Gemüse kultiviert, um die Versorgung der örtlichen Mannschaft mit solchem zu ergänzen bzw. gänzlich zu gewährleisten (Jordan, 2013: 64). Aus diesem Grund finden sich in den meisten Festungen meist (noch) Reste dieser Gärten bzw. Streuobstwiesen und ihrer Vertreter wieder.

Für Heckenbepflanzungen sowie Baum- und Strauchpflanzungen sind beispielsweise nach den preußischen „Verordnungen des Allgemeinen Kriegs-Departements von 1846“ (Wagner, 1872 in Jordan, 2013) sehr detaillierte Verwendungen aufgeführt, die v.a. unter ingenieurb biologischen Aspekten sinnvoll sind. Zwecke der Pflanzungen sind Hindernis und Blendung, Holz- und Strauchgewinnung für Armierung, Verteidigung sowie für Unterhaltungen der Faschinen, Wasserbauten und den allgemeinen Bauunterhalt.

Als Orte und hier zu verwendende Gehölzarten werden genannt: Bäume sind nur am Fuß der inneren Wallböschung und innerhalb der Bastionen zu pflanzen, nur die Glacis ist Ort für Anzucht von Holz und Strauchwerk zum Palisadenbau und nicht Grabensohlen oder Böschungen. Die Bäume der Glacis sollen nicht stärker als 25cm Durchmesser sein. Nadelholz soll wegen des ausbleibenden Stockausschlages nicht verwendet werden. Zur Palisadenholzgewinnung werden *Populus × canadensis*, *P. tremuloides* und *P. tremula* sowie *Robinia pseudoacacia* zuerst empfohlen. Falls nötig und möglich können feste Laubholzarten

wie Ahorne, Kastanien, Buchen, Eichen oder Ulmen verwendet werden. Birken und Erlen werden als Notbehelf betrachtet. Obstbäume sollen an Straßen gepflanzt werden, für Strauchpflanzungen sind Weiden und Hasel zu verwenden (ebenda).

Heckenpflanzungen sind nach deren Zweck klassifiziert und Orte für diese festgelegt: Hecken der 1.sten Klasse sind Hecken zur Palisadierung und Fräisierung (Sturmpfähle), Hecken der 2.ten Klasse dienen zur Abgrenzung und Einfriedung. Jede Festung und detachierte Werke sollen eine umschließende Hecke der 1.sten Klasse haben. Hierzu sind besondere Wuchshöhen und Pflanztiefen je nach Lage zu beachten, z.B. an der Contreescarpe. Arten hierfür sind Weißdorn (*Crataegus spec.*), Schlehe (*Prunus spinosa*), wilder Apfeldorn (*Crataegus x lavallei* 'Carrierei' (???, AdV)). Diese sind in Monokultur, d.h. unvermischt anzupflanzen. Hagebutten (z.B. *Rosa canina*) und Brombeere (*Rubus spec.*) dienen zur Füllung der Lücken. Hecken der 2.ten Klasse sollen nur aus der Hainbuche (*Carpinus betulus*) und Liguster (*Ligustrum vulgare*) bestehen. Auf Erddecken über Gewölben, Kasematten oder Wallgängen dürfen keine Hecken oder Bäume gepflanzt werden, da diese darunter liegende Bausubstanz schädigen (ebenda).

Im weiteren Verlauf der ingenieurb biologischen Betrachtung der Festungsbepflanzung in Preußen wird zeitlich später (1885) gefordert, dass zu jeder Festung ein Pflanzplan zu entwickeln sowie unter der Berücksichtigung der klimatischen Verhältnisse eine ortsüblichen Baumpflege mittels eines Baumpflegekalenders durchzuführen sei, und dem Festungsbauoffizier ein Gärtner oder Förster zu unterstellen ist (Jordan, 2013: 68f).

Auch Bepflanzungen des erweiterten Raumes um die Festungen sind unter ingenieurb biologischen Aspekten sowie taktischen Aspekten umzusetzen (ebenda).

2.7.5 Aktuelle Trends in Europa

Nicht immer wurde oder wird das bauliche und gesellschaftliche Erbe „Festungsanlagen“ beachtet und wertgeschätzt, da mit der gesamten Erinnerung mit diesen Bauwerken natürlich auch negative Aspekte konnotiert sind, wie z.B. Fremdherrschaft, Krieg, Folter und Unterdrückung.

Teilweise erst in den letzten zwei bis drei Jahrzehnten, aber auch schon früher, wurden einige dieser modernen Befestigungen von der Gesellschaft als kulturell wichtiges Bauerbe rekonstruiert und neu bewertet, z.B. die 12 Gruppen der *Vauban-Festungen* in Frankreich, die seit 2008 zum UNESCO-Weltkulturerbe gehören (UNESCO World Heritage Centre, 2008), und

hierdurch einen neuen Stellenwert in der französischen Kultur, Gesellschaft und Identität, aber auch außerhalb, erfahren haben. Diese mittlerweile international gewertschätzten Bauten und Denkmäler dienen in den letzten Jahren durch ihre Publizität vielen anderen Städten, Regionen und Ländern als Orientierung für eine Aufwertungen ihrer eigenen Festungsanlagen bzw. deren Resten, sowohl als Teil einer teilweise regionalen aber auch überregionalen Identitätsbildung als auch als Möglichkeit, die Bauten bzw. Denkmäler touristisch aufzuwerten und zu erschließen, z.B. durch Stadt- und Regionalplanungsansätze (Pellegrini *et al.*, 2014).

Durch besondere Anlässe können notwendige Restaurierungen oder Umgestaltungen des Bauerbes „Festungen“ ermöglicht werden, wie z.B. durch die Bundesgartenschauen in der *Festung Ehrenbreitstein* (im Jahr 2011) oder in der *Zitadelle Petersberg Erfurt* (kommend in 2021). Aber auch durch Anwärtterlisten der UNESCO-Welterbenominierungen, wie für die *New Dutch Waterline* (Bugter *et al.*, 2015) oder des Festungskomplexes Komárom/ Komárno (UNESCO World Heritage Centre, 2007) können Aufwertungen und gesteigerte Publizität erzielt werden, mit dem sich mittelfristig auch mehr Mittel für Denkmalschutz sowie Regional- und Stadtentwicklung im nationalen und regionalen Kontext aktivieren lassen können.

Teilweise wurden in diesen Anlagen Erinnerungsstätten, Museen oder aber auch andere kulturelle Einrichtung eingerichtet, in welchen sich oftmals bereits seit längerer Zeit regionale oder lokale Erinnerungskultur und/oder kulturelle Identität manifestiert, wie z.B. das Fort IX der ehemaligen *russischen Festungskomplexes Kaunas* (LT) (Orlov *et al.*, 2009). Dieses wurde mehrere Dekaden im 20. Jahrhundert als Arbeits-, Konzentrations- bzw. Gefangenenlager genutzt (Kaunas - Fort IX Museum, 2017). Beispiel hierfür ist auch die Atlantikfestung Peniche (PT), welche über Jahrzehnte als politisches Gefängnis und Folterzentrum diente und nach dem Ende der portugiesischen faschistischen Diktatur in ein Museum umgewandelt wurde (Município de Peniche, 2015).

Zusätzlich sind Tendenzen beobachtet worden, die eine Totalsanierung und komplette Nutzungsumwandlung der geschichtsträchtigen Bauten zur Folge hat. So ist der Festungskomplex Cascais (PT) nach der Denkmalsaufwertung 1977 als „*Imóvel de Interesse Público*“ Anfang des 21. Jahrhunderts aufwendig saniert und v.a. zu einem Luxushotel umgebaut worden (Ministério da Cultura, 2017).

Zusätzlich existieren Situationen, die die Festungsanlagen nicht als kommunale Liegenschaften sondern als gesamtstaatliches Erbe und Eigentum des Staates in national agierenden Organisationen oder Behörden bündeln, die sich um deren Erhalt sowie die Erschließung,

Vermarktung und Entwicklung kümmern. Als Beispiel *par excellence* sollen hier „*English Heritage*“ (English Heritage, 1998) sowie das ungarische Pendant „*Magyar Nemzeti Vagyongezelő Zrt.*“ (MNV, 2007) fungieren.

Schon bereits während des INTERREG III B Projektes *Baltic Fort Route* sind gegenläufige Tendenzen zu eben beschriebenen Aspekten beobachtet worden: der zunehmende Verfall und die Verwahrlosung der baulichen Substanzen. Dies ist u.a. durch ausbleibende Nutzungen aufgrund fehlender Konzepte, Mittel sowie Bestrebungen diese überhaupt zu nutzen oder durch bewusste Aufgabe dieser meist denkmalgeschützten Anlagen (Ißbrücker und Lachmann, 2006; Riesbeck und Ißbrücker, 2007). Andere Beispiele hierfür sind Wroclaws Außenforts bzw. Infanterieräume und die Außenforts der ehemaligen preußischen Festungsstadt Küstrin (Kostrzyn, PL). Zusätzlich kommen Gründe hinzu, eine Weiterentwicklung oder Nutzung ausbleibenzulassen, die mit vorhergehenden Schäden, z.B. durch Kriegseinwirkungen oder zu stark vorangeschrittenem Verfall zu tun haben, wie z.B. in Kostrzyn/ Küstrin. Im letzteren Fall sind Sanierungsmaßnahmen sowohl aufwendig und so teuer, dass ohne Großförderungen nationaler Denkmalbehörden Kommunen als Eigentümer dieser Anlagen mit der Sanierung komplett überfordert sind.

2.8 Umweltleistungen und Umweltdienstleistungen

Ökosystemdienstleistungen (*ecosystem services* - ESS) könnten im Allgemeinen deutschen Sprachgebrauch auch synonym mit Umweltleistungen beschrieben werden, da sich per Definitionen (s.u.) diese Leistungen auch auf nicht unmittelbar mit dem biotischen Ökosystem verbundene Aspekte beziehen. Dies ist möglich, da im deutschen Sprachgebrauch „Umwelt“ vielschichtig ist und nicht gleichzusetzen ist mit „*environmen*t“ des amerikanischen oder englischen Sprachgebrauches. Zu semantisch bedingten Verständnisproblemen im Bezug zu ESS vgl. Small *et al.* (2017: 59). Gleichzeitig ist im deutschen Sprachgebrauch Umwelt nicht gleichsetzbar mit Ökosystem. Im Folgenden wird die wörtliche Übersetzung „Ökosystemdienstleistungen“ verwendet.

2.8.1 Definitionen

Das Konzept der Ökosystemdienstleistung soll erklären, warum und wie sich das menschliche Wohlbefinden (*human well-being*) in Relation zu den Leistungen der Geo-, Bio-, und Atmosphäre verhält. Für eine zusammenfassende Übersicht hierzu siehe u.a. Millenium

Ecosystem Assessment (2005b: 49-63). Einerseits ist mittels der Bewertung von Umweltdienstleistungen der Wert der Natur und Umwelt in gesamtwirtschaftliche Rechnungen integrierbar (Costanza *et al.*, 1997), bei denen auf planerischer Ebene erweiterte Kosten-Nutzenrechnungen stattfinden können. Diese Leistungen können also quantifiziert und in Abwägungen (selbst) bei kleineren Vorhaben mit berücksichtigt werden. Andererseits dient die Ermittlung des Wertes (*value*) der ESS nur dazu, die relativen Beiträge dieser zum Wohlergehen der Menschheit (*human well-being*) zu ermitteln (Costanza *et al.*, 2014: 153).

Umweltleistungen (*ecosystem services* - ESS) sind also Leistungen der Ökosysteme, von denen die Menschheit auf vielschichtige Art und Weise profitiert (Millenium Ecosystem Assessment, 2005a; 2005b; TEEB, 2010). Hierbei sind folgende „Leistungen“ grundsätzlich unterscheidbar:

- Bereitstellende Leistungen (*provisioning services*)
- Regulierende Leistungen (*regulating servcies*)
- Kulturelle Leistungen (*cultural services*)
- Unterstützenden Leistungen (*supporting services*)

Grundsätzlich betrachten die Bewertungen von Ökosystemdienstleistungen sowohl quantifizierbare materielle Produkte und Leistungen (*tangibles*) als auch immaterielle Aspekte (*intangibles*).

Das Millenium Ecosystem Assessment (2005a; 2005b) stellt fest, dass sich der Großteil (60%) der v.a. materiellen Umweltleistungen im Status der Degradation befinden bzw. nicht-nachhaltig genutzt werden. 4 Umweltleistungen stiegen an, davon 3 Nahrungsmittelproduktionsleistungen (ebenda: 41-45). Zeitraum der Untersuchungen waren die Jahre 1955 bis 2005.

Das Millenium Ecosystem Assessment (2005a) prognostiziert, dass die zukünftigen Veränderungen von Flora und Fauna im Zuge der Übernutzungen und die Veränderungen der Biodiversität (Gen-, Arten und Ökosystemebene) sich negativ auf die Menschheit auswirken werden und es v.a. zu einem dramatischen Anstieg der bereits aktuell hohen Aussterberaten kommen wird. Diese werden das Überleben der Menschheit gefährden, da dies die noch funktionierenden ökologischen Interaktionen gefährden könnte und es zu einem schleichendem ökologischen Kollaps kommen könnte. Ripple *et al.* (2017) aktualisieren diese Ansicht und Aussage. Costanza *et al.* (2014) aktualisieren ihre ursprünglichen Ausarbeitungen und weisen darauf hin, dass es einen immensen Verlust an ökosystemaren Dienstleistungen durch

Landnutzungsveränderung gibt, aber dass die ESS doppelt so viel zum Wohlergehen (*human well-being*) beitragen als die Summe der Bruttoinlandsprodukte.

2.8.2 Kritik und Erweiterungen

Die grundsätzlichsste Kritik an diesen Ansatz stellt dieses gesamte Konzept in Frage. So weist Chaisson (2002) in Costanza *et al.* (2014: 157) darauf hin, dass der Wert der ESS unendlich ist, da bei Abwesenheit dieser ein Leben auf der Erde für die Menschheit unmöglich ist. Daher ist die Bewertung von ESS unsinnig (*meaningless*).

Im Zuge der fachlichen Diskussion kam es teilweise zu Veränderungen und Adaptionen der Klassifikationen der Leistungen/ Services, so u.a. durch TEEB (2010) sowie Haines-Young und Potschin (2018), die unter anderem die allgemeinen Limitierungen und Probleme der Bewertung ökosystemarer Dienstleistungen (Costanza *et al.*, 1997) aufgriffen. So sind auch die Einbindungen der kulturellen Umweltleistungen kritisiert worden, da u.a. die landschaftlichen kulturelle Werte arealspezifisch, einzigartig und subjektiv sind (Daniel *et al.*, 2012a; Kirchhoff, 2012; Daniel *et al.*, 2012b). Siehe hierzu auch Kapitel 2.8.3. Einen Überblick zur unterschiedlichen Konzeptionierung und Klassifikationen von Ökosystemdienstleistungen und Vorschläge zu Veränderungen der Nutzenbetrachtung der ökosystemaren Wertschöpfungskette (*end-use benefit*) geben La Notte *et al.* (2017).

Das „*environmentalist paradox*“ (Raudsepp-Hearne *et al.*, 2010) beschreibt, dass trotz der Abnahme bestimmter Umweltdienstleistungen durch ökologische Degradation und der sich vergrößernde ökologische Fußabdruck der Menschheit es zu einer Zunahme des menschlichen Wohlergehens (*human well-being*) kommt. Diese Zunahme äußert sich u.a. in einer Zunahme der Bevölkerung und v.a. steigendem *human development index* (HDI) in den meisten Ländern (siehe auch UNDP, 2010). Als Folge wurden u.a. die Indexberechnungen kritisiert (siehe u.a. Raudsepp-Hearne *et al.*, 2010) und verändert.

Costanza *et al.* (2014) aktualisieren ihre ursprünglichen Ausarbeitungen und weisen u.a. darauf hin, dass Ökosystemdienstleistungen prinzipiell öffentliche Güter sind, die Bewertung (*valuation*) dieser nicht gleichzusetzen ist mit Privatisierung und Kommerzialisierung (*commodification*). So dient die Bewertung maßgeblich der Quantifizierung und Detektion von Veränderungen der Leistungen der Bio-, Geo- und Atmosphäre im globalen und regionalen Maßstab. Dies greift die Debatte auf, ob ESS Bewertungen dafür geeignet sind, die

marktbasierte Ressourcenallokation sowie die Grenzen des ökonomischen Wachstum korrekt widerzuspiegeln (Farley, 2012).

Andere Ausarbeitungen weisen darauf hin, dass ESS nicht direkt dem Wohlergehen der Menschheit dienen, sondern nur über die Interaktionen von mindestens 3 anderen anwesenden Faktoren (*capital*). Für eine zusammenfassende Übersicht hierzu siehe Costanza *et al.* (2014: 153).

2.8.3 Intangibles – Kritiken und Ansätze der Bewertung

Wie bereits erwähnt, werden Teilbereiche der ESS-Bewertungen, die immaterielle Leistungen und Aspekte (*intangibles*) behandeln, aber auch den intrinsischen Wert der Ökosysteme (Small *et al.*, 2017: 59), sehr kontrovers diskutiert. Zu den unter *cultural (ecosystem) services* (CES) aufsummierten Aspekten (Millenium Ecosystem Assessment, 2005b: 40) zählen:

- Kulturelle Vielfalt (*cultural diversity*)
- spirituelle und religiöse Werte (*spiritual and religious values*)
- Wissenssysteme (*knowledge systems*)
- Bildungswerte (*educational values*)
- Inspiration (*inspiration*)
- Ästhetische Werte (*aesthetic values*)
- Soziale Beziehungen (*social relations*)
- Wahrnehmung (*sense of place*)
- Kulturerbewerte (*cultural heritage values*)
- Erholung und Ökotourismus (*recreation and ecotourism*)

Für einen Vergleich der MEA Kategorisierungen mit anderen Kategorisierungsansätzen siehe Hølleland *et al.* (2017: 213).

Im Gegensatz zur Einbeziehung der immateriellen Leistungen als eigenständige Services (MEA 2005), existieren auch CES Kategorisierungen mittels der Integration der immateriellen Leistungen in komplexe Schemata, aber ohne Eigenständigkeit (TEEB, 2010) statt. Zusätzlich wurden Ansätze eigenständigen Bewertungsmethodik (Chan *et al.*, 2012; Kirchhoff, 2012) entwickelt. Die Ablehnung immaterieller Leistungen als echte Ökosystemdienstleistungen ist nur bedingt vorkommend, reiht sich aber in die grundsätzliche Diskussion um ESS ein.

Gerade auf der Ebene von Landschaftsbewertungen und -pflege sind *intangibles* geradezu wichtig, insbesondere wenn explizite und offensichtliche Kulturlandschaften wie Heideflächen betrachtet werden, da diese mehr als nur die Akkumulation von einzelnen Objekten sind (siehe Kapitel 2.1.3.3 und 2.1.4). Diesbezüglich geben Cooper *et al.* (2016) einen zusammenfassenden Überblick über die Komplexität der Bewertung ästhetischer und spiritueller Werte von Ökosystemen im Kontext der Bewertung von ESS, und weisen darauf hin, dass Kosten-Nutzen-Bewertungen dieser Leistungen/ Aspekte trotzdem wichtig für gesamtwirtschaftliche Bewertungen (*trade-offs*) sind.

Small *et al.* (2017) schlagen vor, diese speziellen ESS als *non-material benefits* zu bezeichnen, auch um die teilweise utilitaristische orientierte ESS-Betrachtung konsistent zu gestalten. Milcu *et al.* (2013) und Baulcom *et al.* (2015) (in Small *et al.*, 2017: 60) schlagen ein System zur Bewertung von ästhetischen und Erholungsleistungen vor. Eine komplexe Zusammenfassung über Bestrebungen zur weiteren Taxierung und Bewertung von ESS geben Small *et al.* (2017: 60-63) in ihrer *literature-review*.

Durch die schwierige Quantifizierbarkeit und „Lokalisation“, begründend auch durch die Interaktion mit anderen materiellen Leistungen und Aspekten, z.B. beim Kulturerbe (Hølleland *et al.*, 2017: 220), finden derzeit kaum Integrationen von CES in politische und strukturelle Entscheidungsprozesse statt (Cooper *et al.*, 2016: 218f). Bereits Daniel *et al.* (2012a) wiesen darauf hin, dass hier die Notwendigkeit besteht, fassbare und ubiquitäre, ggf. auch nur regional gültige, Ermittlungsmethoden zu entwickeln, um diese in Entscheidungsprozessen zu berücksichtigen. Cooper *et al.* (2016) verweisen in diesem Zusammenhang auf die Möglichkeit das Ostrom'sche Framework „*Social-Ecological System*“ (Ostrom, 2009) auf seine Anwendbarkeit bei der Bewertung von ESS hin zu analysieren und ggf. zu adaptieren.

Vejre *et al.* (2010) analysierten den Ästhetik- und Erholungswerte zweier peri-urbaner Areale um Kopenhagen (DK) und stellen dreistellige €-Millionenbeträge als virtuellen Wert fest, wobei die Quantifizierungen von Erholungswerten als „machbarer“ gegenüber anderen Werten betrachtet wird (Hølleland *et al.*, 2017: 213), da für andere CES nur selten ökonomische Indikatoren existieren.

Für einen zusammenfassenden und umfangreichen Überblick (*literature review*) zur Bewertung von Kulturerbe als Teil von ESS-Betrachtungen im Untersuchungszeitraum 2003-2017 siehe Hølleland *et al.* (2017). Sie kommen zu dem Schluss, dass es v.a. hier noch sehr viel Klärungsbedarf gibt, da die ESS-Bewertung, insbesondere aber die der CES, eine noch kurze

wissenschaftliche Historie haben. Zugleich merken sie an, dass insbesondere das Kulturerbe nicht zwingend von der Integration in ein monetäres Bewertungsschema profitieren würde. Es sollte daher herausgefunden werden, wie welche Teilaspekte des Kulturerbes, ihr Wert und ihre Bewertung mit einem ESS System beschreibbar wären.

In diesem Zusammenhang wird auf das Analyseframework von Fish *et al.* (2016) verwiesen, welches die zeitlich vorangegangenen Kritiken und theoretischen Abhandlungen aufgreift und inkorporiert.

2.9 Fernerkundung - Aufgaben, Methoden und Möglichkeiten

Fernerkundung ist hier die Kameraerkundung der Erdoberfläche und Atmosphäre mittels Flugzeug, Satelliten oder UAVs (*unmanned areal vehicles*). Hierbei werden echte optische Photoinstrumente für Farb oder schwarz-weiß Aufnahmen oder Kombinationsinstrumente für die Detektion verschiedener Spektralbänder und Wellenlängen benutzt. Die Auflösung ist in den letzten Jahrzehnten immer feiner geworden. Kommerzielle optische Satelliten, wie WorldView3 liefern derzeit panchromatische (Echtfarben) Auflösungen bis zu 0,5m und 2m im *single band mode* (Ball Aerospace, 2018). Die Auflösung der nicht kommerziellen Sentinelsatelliten liefern 10m im optischen Bereich (ESA, 2018a). Mittels geeigneter Methoden und Hilfsdaten ist ein *downsampling* größerer Auflösung möglich (Lanaras *et al.*, 2018).

Aktuelle Satellitensysteme verfügen über mehrere Instrumente, die oberflächlich reflektierte elektromagnetische Wellenlängen einzeln erfassen können. Die einzelnen erfassten Bänder haben dabei eine schmale Bandbreite. Verschiedene Systeme haben unterschiedliche Spektralbänder, d.h. je nach Zweck und Aufgabe des Systems definiert. Meteorologische Satelliten (EUMETSAT, 2017) erfassen andere elektromagnetische Frequenzen/ Wellenlängen als Satelliten zur Vegetationsfernerkundung wie der Proba-V Satellit (ESA, 2015).

LiDAR (*Light Detection And Ranging*) ist eine radarähnliche Fernerkundungsmethode, bei der mittels Laufzeitmessungen die Entfernung zwischen Objekt und Sensor ermittelt wird (TROPOS, 2017). Sie dient u.a. zur exakten Höhenbestimmung der Erdoberflächen in einer hohen Auflösung, teilweise bis zu einer horizontalen Auflösung von 1cm. Damit können dann Digitale Geländemodelle (DGM) oder Stadtlandschaften dargestellt werden. Diese Höhenmessungen werden derzeit, soweit bekannt, nur von Flugzeugen durchgeführt. In Europa und vielen Ländern gab es ein komplexes LiDAR Messprogramm auf dessen Ergebnisse

teilweise kostenfrei zugegriffen werden kann. Da LiDAR Systeme durch Vegetationsbestände schauen können, eignen sich diese zur visuellen Erfassungen sonst unsichtbarer und verborgener oberflächlicher Strukturen.

Der Fernerkundung kommt derzeit eine Vielzahl von Aufgaben zu, dazu gehören Überwachung und Bewertung natürlicher Ressourcen (z.B. Erkundung von Mineralvorkommen), das Monitoring der Effekte menschlicher Aktivitäten, Überwachung von Verschmutzung (z.B. im maritimen Bereich), Langzeitstudien zu Veränderungen auf landschaftlicher Ebene (z.B. Waldveränderungen und Abholzungen, Landbedeckungen), Katastrophenmonitoring, sowie diverse sicherheitsrelevante Aufgaben. Diese Einzeldaten könne über geeignete Systeme zusammengeführt und bewertet werden (Walz, 2002). Fernerkundung und die nachfolgende Auswertung liefert Hilfsdaten z.B. für *precision farming* und kann zur Überwachung von Umweltaspekten, wie Pegelstandskontrollen in Mooren dienen (Bechtold *et al.*, 2018).

Neben den allgemeinen Querschnittsaufgaben (Heuner *et al.*, 2013) wird die Fernerkundung in folgenden Gebieten eingesetzt: Biotopfernerkundung und FFH-Monitoring (Buck *et al.*, 2014; Bleyhl *et al.*, 2017), Bodenfeuchtemessungen (Al-Yaari *et al.*, 2017), Landnutzungsänderungen (Kraemer *et al.*, 2015), Evapotranspirationsermittlung (Calera *et al.*, 2017), Lieferung von Daten zur Identifikation bestimmter Biotope (Griffiths *et al.*, 2014; Sabatini *et al.*, 2018) uvm.

Eine Ermittlung von Arten mittels Satellitenfernerkundung war bislang fast unmöglich, wird aber mit zunehmender Auflösungsgenauigkeit, nicht nur für Waldstandorte, immer realitätsnäher, da hier oftmals keine multispektralen sondern hyperspektrale Sensoren verwendet werden (Ballanti *et al.*, 2016; Cushnahan *et al.*, 2016; Shen und Cao, 2017).

Durch mittlerweile offene Archive und den Zugriff auf längere Erfassungszeiträume sind Erfassungen und Interpretationen von multitemporalen Veränderungen möglich (Lunetta *et al.*, 2006; Ban, 2016; Tuia *et al.*, 2016; Zhao *et al.*, 2016; Griffiths *et al.*, 2018).

2.10 Fledermäuse

In Europa sind derzeit 51 Arten bekannt und im Rahmen des EUROBATS Abkommen (EUROBATS, 2018) sowie nach Anhang IV der FFH-RL geschützt. Zusätzlich sind nach Anhang II der FFH-RL 14 Arten besonders geschützt. Hintergrund für den Schutz sind nach EUROBATS (2015) hauptsächlich folgende Aspekte:

- Verlust von Brutquartieren (*roosts*)
- Verlust von Nahrungsarealen (*feeding areas*)
- Insektensterben durch landwirtschaftlichen Pestizideinsatz
- Zunahme von Pestiziden im Baumaterial
- Vorurteile und Unverständnis.

Derzeit befinden sich im Gesamtkontext die europäischen Arten in einem guten Zustand, wobei für einige Arten Indikatoren dafür existieren, dass ein Populationsrückgang existiert (EEA, 2013a). Vergleichszeitraum ist die Spanne zwischen 1993-2011.

Derzeit sind 3 Arten, *Eptesicus serotinus*, *Myotis daubentonii* und *Myotis dasycneme*, vom *European Bat Lyssavirus* (Fledermaustollwut) befallen (Krapp und Niethammer, 2011: 540f). Das *White Nose Syndrom* (WNS) verursacht in Europa im Vergleich zu Nordamerika keine Massensterben, obwohl es in den meisten Ländern Europas nachgewiesen ist (Frick *et al.*, 2016: 254-257). Zu weiteren Gefährdungsursachen von Fledermauspopulationen und dem Umgang damit siehe auch Altringham *et al.* (2011: 243-284).

Ökologisches Verhalten

Innerhalb eines Jahres suchen Fledermäuse oftmals unterschiedliche Quartiere auf:

- Winterquartiere
- Sommerquartiere und Paarungsquartiere
- Zwischenquartiere, v.a. während der Wanderungen zwischen den Sommer- und Winterquartieren.

Es sind grundsätzlich zwei unterschiedliche Quartierstypen von Fledermäusen bekannt: Höhlen- und Felsspaltenbewohner sowie Baumbewohner (Borke, Baumlöcher und Spalten) (Altringham *et al.*, 2011: 130-150), wobei Unterschiede teilweise verschwimmen können. Ebenso sind Fledermäuse in vielen durch den Menschen geschaffenen Orten anzutreffen, wie in Minen, Kellern, Dachböden, Nistkästen oder in Mauerspalt und häufig nur dort, wie *Eptesicus serotinus* und *Pipistrellus pipistrellus* (ebenda). Zur Quartierswahl und Habitatnutzung von *E. serotinus* im urbanen Raum von Berlin-Spandau siehe Rosenau (2001). Systematische Erhebung für das gesamte Stadtgebiet von Wien finden sich in Hüttmeir *et al.* (2010). Ersatzhabitate, wie unterirdische Bunkerstrukturen des *Nietoperek* Nationalparks oder auch andere ehemalige militärische Anlagen, werden als adäquate Überwinterungsquartiere

aber auch während der Saison in Ermangelung anderer natürlicher geeigneter Strukturen genutzt (Krapp und Niethammer, 2011: 140f). Zur (fakultativen) Synanthropie von Fledermäusen vergleiche auch Voigt *et al.* (2016).

Höhlenbewohnende Arten sind gegenüber baumbewohnenden Arten auch innerhalb des Jahres tendenziell standorttreuer (Mitchell-Jones *et al.*, 2017: 6). Zudem werden Bäume und deren Ritzen, Höhlen oder Spalten vor allem von wandernden Fledermausarten wie *Nyctalus noctula*, *Nyctalus leisleri* oder *Pipistrellus nathusii* als Quartiere ganzjährig, also auch während der Überwinterung, genutzt (Dietz *et al.*, 2007: 94). Eine kurze überblickende Zusammenfassung zur Quartierwahl findet sich in Dietz *et al.* (2007: 96-98).

Typische ganzjährige Höhlenbewohner sind *Rhinolophus spec.*, *Myotis myotis* v.a. im nördlichen Verbreitungsgebiet, *Miniopterus schreibersii*, *Myotis oxygnathus*, *Myotis capaccinii* (Dietz *et al.*, 2007: 93-98; EUROBATS, 2016).

Zudem gibt es relative standorttreue Arten, u.a. *Rhinolophus spec.*, *P. pipistrellus*, *Myotis bechsteinii* sowie wandernde bzw. wanderfähige Arten, z.B. *Myotis myotis*, *Myotis dasycneme*, *Nyctalus noctula*, *N. leisleri*, *Pipistrellus nathusii* und *Vespertilio murinus* (Dietz *et al.*, 2007: 68-69).

Vor allem in frostgefährdeten Regionen suchen Fledermäuse Winterquartiere auf, die frostfrei und mit der für sie idealen Temperatur- und Luftfeuchtigkeit ausgestattet sind. Diese finden sie häufig in unterirdischen Quartieren wie Höhlen, Kellern, Bergwerken sowie Kasematten oder anderen unterirdischen Strukturen von Festungsbauwerken oder Schlössern. Hintergrund ist der relativ hohe aber artenspezifisch unterschiedlich ausfallende Wasserverlust (Webb, 1995), auch während des Winterschlafes, der auch durch ein Aufwachen während der Winterruhe um zu trinken, ausgeglichen werden muss. Zusätzlich ist es möglich, dass während der eigentlichen Winterruhe Arten oder Individuen aufwachen, um zusätzlich zur Wasseraufnahme Nahrung zu suchen. Zudem bewegen sich v.a. größere Spezies häufiger als kleinere Spezies während der Winterruhe innerhalb des Winterquartiers (Altringham *et al.*, 2011: 105-109). Größere Arten, wie z.B. *Nyctalus noctula*, überwintern auch in Baumspalten oder Borken und bilden dort oft kleinere Gruppen (ebenda).

Für das Aufsuchen geeigneter Plätze für die Winterruhe müssen von wandernden Baumbewohnern und allen nicht standorttreuen Höhlenbewohnern teilweise längere Strecken, bis zu mehreren hundert von Kilometern zurückgelegt werden. Teilweise werden Strecken

deutlich über 1000km zurückgelegt, wobei v.a. Gebirge aufgesucht werden (Dietz *et al.*, 2007: 68-75). In diesen hängen dann die einzelnen Individuen artenabhängig oder in großen Gruppen, wobei die Gruppengröße von der Umgebungstemperatur abhängig ist: je wärmer das Quartier umso kleiner die Gruppen (Altringham *et al.*, 2011: 107ff). Zusätzlich werden solche Orte auch von anderen Quartierstypen aufgesucht und ganzjährig genutzt: „*Underground habitats, such as caves, mines, fortifications and tunnels, play a vital role in the life-cycle of many European bat species, which use them as hibernation, breeding and transitional roost-sites, including during migration. Particularly in the latter case, it is often difficult to establish the importance of sites, owing to the transitory nature of their occupation.*“ (EUROBATS, 2016).

Männliche Individuen wandernder Arten kehren oftmals nicht mehr in die Fortpflanzungsgebiete zurück und verbleiben in wärmeren Arealen (Dietz *et al.*, 2007: 71f).

In den verschiedenen EUROBATS-Arealstaaten sind mindestens 33 Fledermausarten stark oder mittelmäßig abhängig von Quartieren in Schlössern/ Befestigungsanlagen (Marnell und Presetnik, 2010). Derzeit sind innerhalb Europas (Stand 2014) insgesamt 1895 unterirdische Habitate bekannt und gemeldet, davon 181 in Festungsanlagen. Der Großteil der unterirdischen Quartiere findet sich in Höhlen (900 Orte bzw. 47,6%) (EUROBATS, 2016). Insbesondere im mitteleuropäischen Tiefland Deutschlands, Polens sowie der baltischen Staaten aber auch in Belgien sind Festungen permanente oder temporäre Quartiere für Fledermäuse (ebenda sowie Abb. A-28). In Polen ist der *Nietoperek* Nationalpark bestehend aus Festungsanlagen/ Bunkern des 20. Jahrhunderts der wichtigste Standort. Hier wurden bis zu 32.000 Individuen gezählt. In der Zitadelle Spandau Berlin (D) zum Vergleich etwa 11.000 Individuen (EUROBATS, 2016).

Neben den eigentlichen Höhlen- oder Felsspaltenbewohnern existieren Arten die v.a. im Sommer aber auch während der Migrationen andere Strukturen, wie Baumhöhlen, geeignetes Altholz in Wäldern oder Parks, insbesondere als Wochenstuben nutzen. Gegebenenfalls werden unterirdische Quartiere wie Höhlen oder Keller als Zwischenquartiere genutzt, in denen aber so gut wie nie Wochenstuben vorzufinden sind. Zu diesen Arten zählen nach Krapp und Niethammer (2011): *Myotis bechsteinii*, *Plecotus auritus*, *Myotis nattereri*, *Myotis brandtii*, *Myotis myotis*, *Nyctalus noctula*, *Nyctalus leisleri*, *Barbastella barbastellus* (Überwinterung in Höhlen oder anderen Orten, Dietz *et al.* (2007: 94), *Pipistrellus nathusii* und *Myotis daubentonii*.

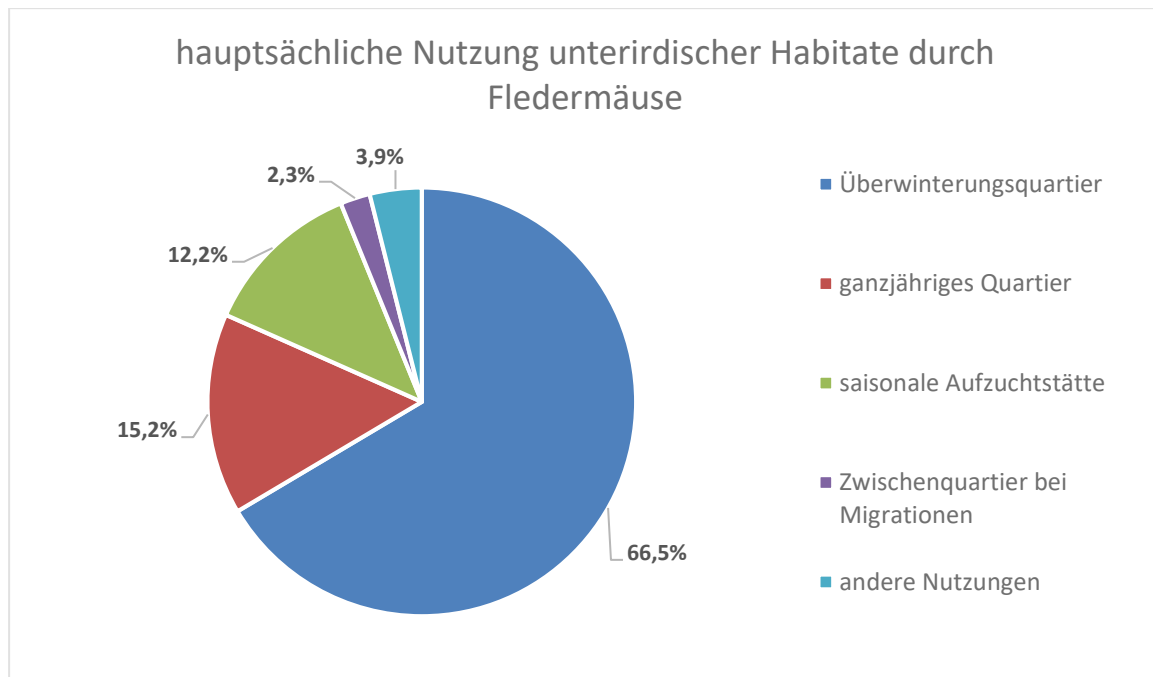


Abbildung 2: bekannte Nutzung von unterirdischen Strukturen durch Fledermausarten, Stand 2014, Daten nach EUROBATS (2016)

Fledermäuse sind dämmerungs- und nachaktive Insektenjäger und jagen je nach Art unterschiedliche Insekten. Die Jagdgebiete sind je nach Art unterschiedlich und lassen sich nach folgenden Kategorien aufstellen (vergleiche die Artenbeschreibungen in Krapp und Niethammer, 2011 und Dietz *et al.*, 2007):

- in oder über Wäldern sowie an Waldrändern (die meisten Baumbewohner)
- freier Luftraum (*N. noctula*)
- über oder entlang von Wasserflächen (z.B. *M. daubentonii*)
- alle Jagdgebiete (*B. barbastellus*)
- Aufnahme vom Boden oder von Objekten (*M. bechsteinii*, *P. auritus*)
- Jagd im Offenland (*Plecotus austriacus*, *Myotis oxygnathus*)

Distanzen zwischen Jagdgebieten und Wochenstuben können sehr unterschiedlich groß sein, und auch intraannuell variabel sein. *Nyctalus noctula* hat oftmals keine festes Jagdgebiet (Dietz *et al.*, 2007: 99f)

3. Material und Methoden

3.1 Definition und Auswahl des Untersuchungsraumes

Aufgrund grundsätzlich ähnlicher abiotischer Grundkonstellationen, ähnlicher biotischer Grundausrüstungen sowie der größeren Anzahl von etwa gleichartigen Festungskomplexen fokussiert sich die nähere Betrachtung von Festungsanlagen auf das mitteleuropäische Tiefland. Hier sind das ostelbische Gebiet Deutschlands, das polnische Tiefland sowie daran angrenzende Areale Litauens in Fokus der Standortuntersuchungen. Begründet durch die Möglichkeiten des Aufsuchens (bio-)geographisch anders verortbarer Festungskomplexe, u.a. im Rahmen des *Forte Cultura* sowie des vorgehenden BFR Projektes, wurden auch Untersuchungen anderer europäischer Festungskomplexe mit einbezogen.

3.2 Definition und Auswahl der Untersuchungsobjekte

Festungen des mitteleuropäischen Tieflandes der Tabelle 4 wurden vegetationskundlich untersucht bzw. existente Untersuchungen aus diesen verwendet und ausgewertet:

Tabelle 4: Betrachtete Festungen/ Festungsteile des mitteleuropäischen Tieflandes

Lage	Festung/ Festungsteil	Vorhandene Voruntersuchungen	Eigene Standortuntersuchungen
Berlin, D	Fort Hahneberg	Hattermann (2007); Riesbeck et al. (2007); Kirchhoff (2008)	2014, 2018
Berlin, D	Zitadelle Spandau	Haase (2007); Ißbrücker und Riesbeck (2007); Riesbeck et al. (2007); Kirchhoff (2008)	keine
Kostrzyn, PL	Fort Sarbinowo	Potyrała und Pardela (2006)	2017, 2018
Gorgast, D	Fort Gorgast	Huck (2004); Kirchhoff (2008)	keine
Kaunas, LT	Fort V	Ißbrücker und Lachmann (2006); Kirchhoff (2008)	2016
Kaunas, LT	Fort IV, VII, Marva Fort	keine	2016
Gdansk, PL	Festungskomplex Gdansk	Ciechanowski und Przesmycka (2003)	keine
Wrocław, PL	div. Forts	keine	2014
Kaliningrad, RU	Fort V	Riesbeck und Ißbrücker (2007); Kirchhoff (2008)	keine

Festungen bzw. Festungsteile der Tabelle 5 anderer biogeographischer Regionen wurden exemplarisch betrachtet bzw. vorhandene Untersuchungen grundsätzlich ausgewertet. Nicht alle untersuchten Festungen sind im Rahmen der Arbeit systematisch kartiert worden. Untersuchungsergebnisse sind hier deshalb ggf. nicht eingeflossen. Soweit möglich, wurden verfügbare vegetationskundliche Untersuchungen verwendet.

Tabelle 5: Betrachtete Festungen/ Festungsteile außerhalb des mitteleuropäischen Tieflandes

Lage	Festung/ Festungsteil	Vorhandene bzw. verwendete Voruntersuchungen	Eigene Standortuntersuchungen	Biogeographische Region nach EEA (2016)
Komárno, HU Komorn, SK	Fort Monostor u. Csillag, Zitadelle	keine	2013, 2014	Pannonische Region
Josefov, CZ	Festung Josefov	keine	2014	Kontinentale Region
Olomouc, CZ	Festung Olomouc	Kirchhoff (2008)	keine	Kontinentale Region
Verona, IT	Fort XX	keine	2013	Kontinentale Region
Kronach, D	Festung Rosenberg	Pick et al., (2002)	2013	Kontinentale Region
Vigo, ES	Festung Vigo	keine	2014	Atlantische Region
Venedig, IT	Fort Marghera	keine	2013	Kontinentale Region
Peniche, PT	Festung Peniche	keine	2014	Mediterrane Region
Cascais, PT	Zitadelle Cascais	keine	2014	Mediterrane Region
Falmouth, GB	Pendennis Castle	keine	2014	Atlantische Region
Neuf-Brisach, F	Festungs- komplex	Treiber (2010)	keine	Kontinentale Region

3.3 Untersuchungsmethodik

3.3.1 Literaturstudium, Datenbanken, Anwendungs- und Auswertungssoftware

Für Literaturstudien wurden in folgender Reihung schlagwortbezogene Internetrecherchen via Google (Google LLC, 1998), Google-scholar (Google LLC, 2004) und scopus (Elsevier B.V., 1995) durchgeführt. Suchen zu Datenbanken wurden über die Google Suchmaschine stichwortartig umgesetzt. Bei Bedarf sind Bibliotheken des Bibliotheksverbundes der Humboldt-Universität zu Berlin (Humboldt-Universität zu Berlin, 1996) verwendet worden. Bereits vorhandene Veröffentlichungen zu Biotoperkundungen in Festungsanlagen wurden aus der Handbibliothek des Fachgebietes entnommen und ggf. digitalisiert. Zusätzlich wurde das persönliche Netzwerk des Autors bei der Unterstützung zur Bereitstellung von Untersuchungsberichten verwendet.

3.3.2 *Praktische Felduntersuchungen Flora und Fauna*

Die Vegetationsaufnahmen erfolgten nach der Methode von BRAUN-BLANQUET (Kreeb 1998). Das entsprechende Untersuchungsgebiet (UG) wurde in physiognomisch d.h. visuell erfassbare quasihomogene Teilflächen unterteilt. Bei der Auswahl der Untersuchungsflächen wurde darauf geachtet, dass die Anzahl der erfassten Teilflächen mit den grundsätzlich im UG visuell unterscheidbaren Biotopen übereinstimmt. Die Anzahl der somit erfassten Areale soll damit repräsentativ für das Arteninventar und Biotope des Untersuchungsgebietes sein. Soweit möglich, z.B. durch vorhandene und nachvollziehbare Voruntersuchungen, wurden die bereits einmal erfassten Areale wieder untersucht. Bei Neuuntersuchungen wurde sich an den zweckmäßigen Flächengrößen für Stichprobenflächen nach Halfmann (2000) orientiert. Die Differenzierung der Vegetationsschichten erfolgte für eine separate Erfassung der Gefäßpflanzen in Kraut-, Strauch-, Baumschicht. Moose und Flechten wurden nicht erfasst. Auf den untersuchten Teilflächen wurde die Vegetation möglichst vollständig nach der Artmächtigkeit (Deckungsgrad) erfasst. Soziabilität und Vitalität wurden nicht betrachtet, da diese nur bedingt relevant sind. Tabelle 6 listet die Standorte und den Aufnahmezeitraum/ -zeitpunkte der mit dieser Systematik erfassten Biotope und Arten.

Tabelle 6: Standorte und Untersuchungszeiträume systematisch erfasster Biotope und deren floristischen Arteninventars

Standort	Untersuchungszeitraum	Standort	Untersuchungszeitraum
Fort Hahneberg (D)	Juli 2014, April 2018	Fort Sarbinowo (PL)	Oktober 2017 April 2018
Fort IV, V, VII, Marva Fort Kaunas (LT)	August 2017	Festungsbauwerke Wrocław (PL)	August 2014

Bei weniger systematisch untersuchten Standorten der Tabelle 7 wurden aufgrund der eingeschränkterer Untersuchungsmöglichkeiten nur repräsentative Teilflächen erfasst, die exemplarisch für die flächenhafte bzw. ortsspezifische Artenausstattung und Biotope stehen sollen.

Die Ansprache der einzelnen Arten wurde vor Ort mithilfe floristischer Bestimmungsliteratur (Schmeil und Fitschen, 1982; Schubert *et al.*, 1994; Jäger und Werner, 1995; Klapp und Opitz von Boberfeld, 2011) durchgeführt. Die Bestimmung von Arten, die mittels der Bestimmungsschlüssel für die Flora von Deutschland und seiner angrenzenden Gebiete nicht ermittelt werden konnten, wurde mittels Internetrecherche eine Nachbestimmung durchgeführt

und der bekannte Habitatsanspruch mit den örtlichen Gegebenheiten des Aufnahmeortes verglichen, um etwaige Fehlbestimmungen auszuschließen. Hierbei wurden eigene fotografische Dokumentation von Arten der Standortuntersuchungen und Begehungen mittels Bildanalyse und hinterlegten Datenbanken ausgewertet. Hierzu wurden die freien Online Auswertungswerkzeuge des Open-Source Projektes „Pl@nNet“ (the Pl@ntNet team, 2009) verwendet. Auswertungs- und Benutzungszeitraum war September bis November 2018. Vergleiche hierzu auch Goëau *et al.* (2013), Joly *et al.* (2016), Carranza-Rojas *et al.* (2017). Nicht näher oder eindeutig bestimmbare Arten einer Sippe bzw. nicht eindeutig Unterarten wurden mittels *spec.* gekennzeichnet.

Tabelle 7: Übersicht und Zusammenstellung der weniger intensiv untersuchten Festungsstandorte und Untersuchungszeitpunkte

Standort	Untersuchungszeitraum	Standort	Untersuchungszeitraum
Festung Josefov (CZ)	April 2013	Festung Peniche (PT)	April 2014
Festung Vigo (PT)	April 2014	Pendennis Castle, Falmouth (GB)	Mai 2014
Zitadelle Cascais (PT)	April 2014		

Falls möglich wurden mehrere jahreszeitliche Aspekte erfasst (siehe auch Tabelle 6), die mitunter auch in unterschiedlichen Vegetationsperioden liegen. Dies erfolgte einerseits aus allgemeinen Untersuchungsmöglichkeiten und andererseits aus der Überlegung, dass damit andere floristische Aspekte erfasst werden könnten, um spätere pflanzensoziologische Zuordnungen und Ausstattungen zu präzisieren und ggf. Veränderungen zu anderen Aufnahmezeitpunkten zu dokumentieren.

Die Wechselwirkungen zwischen Vegetation und Bauwerk als erweiterter Gegenstand der Untersuchungen wurden anhand sichtbarer Merkmale unsystematisch per Foto dokumentiert und ggf. mit älteren Aufnahmen abgeglichen. Diese Auswertungen werden in dieser Arbeit nicht bzw. nur exemplarisch dargestellt.

Die faunistische Erfassung erfolgte unsystematisch, d.h. nach dem Sichtungsprinzip. Für die Bestimmung derart erfasster *Lepidoptera* wurde mittels Bildtafeln (tagfalter-monitoring.de, 2015) eine Artenbestimmung durchgeführt.

3.3.3 Auswahl von Klimadaten

Es wurden zum Abgleich mit abiotischen Faktoren mittlere Monatswerte der Klimaparameter Niederschlag und Temperatur der nächstgelegenen Wetterstation verwendet (Tabelle 8). Hierbei wurde auf das CLIMAT-Stationsnetzwerk der World Meteorological Organization (2009) zurückgegriffen: Die Daten der verwendeten und verfügbaren Zeitreihe 1961-1990 werden vom DWD aktuell unter ftp://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/ vorgehalten.

Tabelle 8: Auszugsweise Übersicht verwendeter WMO Stationen berücksichtigter Festungen

WMO Station	Gültig für	WMO Station	Gültig für
Berlin-Tegel (D) WMO ID	Zitadelle Spandau (D) Fort Hahneberg (D)	Kaunas (LT) WMO ID 26629	Kaunas (LT)
Manschnow (D) WMO ID 10396	Fort Sarbinowo (PL)	Elblag (PL) WMO ID 12160	Kaliningrad (RU)
Wrocław (PL) WMO ID 12425	Wrocław (PL)	Budapest (HU) WMO ID 12840	Komárom (HU) Komorn (SK)
Prag (CZ) WMO ID 11520	Josefov (CZ)	Brno (CZ) WMO ID 11723	Olomouc (CZ)
Treviso (IT) WMO ID 16099	Fort Marghera (IT)	Lissabon (PT) WMO ID 8535	Festung Cascais (PT) Festung Peniche (PT)
Vigo (ES) WMO ID 8045	Festung Vigo (ES)	Camborne (GB) WMO ID 3808	Pendennis Castle (GB)
Bournemouth (GB) WMO ID 3862	Nothe Fort, Weymouth (GB)	Freiburg (D) WMO ID 10803	Neuf-Brisach (F)

Zur grafischen Auswertung und Darstellung (Abb. B-1 bis B-2) wurde die Funktion „climateGraph“ der R-Bibliothek „berryFunctions“ Version 1.17.0 (Boessenkool, 2018) in R x64 3.3.3 (R Core Team, 2017) verwendet und entsprechend der Formate des DWD Datensatzes für eine automatische Auslesung und Darstellung angepasst. (Anhang B, Skript Klimadaten)

Die Zuordnung zu Klimazonen erfolgte auf Basis der Karten (Abb. A-6 und A-7) von Kottek *et al.* (2006). Aus den Daten der Klimastationen wurde ein Kontinentalitätsindex (Ellenberg, 1996: 259) berechnet (Tabelle B-1).

3.4 Auswertungsmethodik

3.4.1 Ökoystemtypen und biogeographische Zuordnungen

Die allgemeine biogeographische Zuordnung erfolgte auf Basis der EEA Datensätze (Abb. A-18). Soweit nötig, wurden weitere Zuordnungen zu *FAO ecozones* (Abb. A-19) bzw. Florenregionen bzw. Vegetationsbezirken und -provinzen (Abb. A-20 bis A-21) getätigt.

3.4.2 Vegetations- und Biotoptypenklassifizierung

Anhand des ermittelten Arteninventars erfolgte eine vegetationsökologische und -soziologische Beschreibung der Bestände, v.a. mittels Runge (1990), Pott (1992), Ellenberg (1996), Ellenberg *et al.* (2001), Haeupler (2002) und Schubert *et al.* (2010). Bei unklaren Zuordnungen wurde, soweit möglich, auf die Angaben der verschiedenen Bände der „Synopsis der Pflanzengesellschaften Deutschlands“ zurückgegriffen bzw. die Zuordnungen durch Abgleich mit andere Quellen abgeglichen und entsprechend aufgeführt.

Die den Arten zuzuordnenden Zeigerwerte nach Ellenberg *et al.* (2001) sind in der GERMANS� Datenbank (Jansen und Dengler, 2009; GermanSL, 2017) vorhanden, bzw. wurden hier ergänzt. Die Werte für die Kontinentalität wurden, falls zutreffend und erforderlich, durch die Werte nach Berg *et al.* (2017) ersetzt und weiterverwendet. Für Italien wären die gültigen Werte nach Guarino *et al.* (2012) zu verwenden, für die zwei Standorte Südeinglands die Ausarbeitungen von Hill *et al.* (1999). Dies wurde nicht umgesetzt. Die für 2017 angekündigte europaweite Zeigerwertdatenbank EIVE (BayCEER, 2015) konnte wegen Nichtverfügbarkeit nicht benutzt werden.

Basierend auf den individuellen Zeigerwerten wurde ein mittleres Zeigerwert-Standortprofil für jedes untersuchte Teilareal und Biotoptyp erstellt.

Die vegetationsoziologische Zuordnung der kartierten Bestände wurde in zwei Schritten durchgeführt:

- Einordnung mittels Aussagen aus Ellenberg *et al.* (2001) bezüglich der Charakterart basierende Vorzuordnung nach dem pflanzensoziologischen System nach Oberdorfer (2001) unter der Verwendung der Schlüssel von Runge (1990) und Schubert *et al.* (2010), Abgleich und Diskussion der Aussagen von Pott (1992) und Ellenberg (1996)

- Beschreibung der Biotoptypen nach Vorlagen der Biotopkartierung in Brandenburg (Landesumweltamt Brandenburg, 2007)

3.4.3 Auswertung Fauna

Es wurde für bestimmte Arten, z.B. *Microchiroptera*, ein Literaturstudium zum Artenverhalten durchgeführt.

3.4.4 GIS und Geofernerkundung

Die Einbindung, Darstellung, Erstellung und Verarbeitung von digitalen Standortkarten erfolgte mittels der Verwendung der GIS Systeme ArcMap 10.3 (ESRI, 2014) und QGIS 2.18.12 (QGIS Entwicklungsteam, 2017).

Zum Abgleich mit vorhandenen Schutzgebieten wurde insbesondere die EU Datenbank zu NATURA2000 Schutzgebietsnetzwerk verwendet (European Commission, 2018), und falls möglich und nötig in GIS Systeme eingebunden. Bei Bedarf wurden nationale Schutzgebiets-GIS-Datensätze verwendet und deren verwendete Quellen separat aufgeführt (Tabelle B-1 und Tabelle B-2).

Ebenso wurden, falls verfügbar, historische Luftbildaufnahmen, hochauflösenden Google Earth Daten (Tabelle B-3 bis Tabelle B-4) und LiDAR Datensätze bzw. DEM-Datensätze der Untersuchungsgebiete mit verwendet und entsprechende Quellen standortbezogen aufgeführt (Tabelle B-2).

Native LiDAR Datensätze standen für die Bauwerkskomplexe Kaunas zur Verfügung (pers. Komm. Hr. Dr. A. Dumbrasukas). DHM, Neigungs- und Ausrichtungsmodelle wurden mittels der OpenSource Software LAsTools (Isenburg, 2017) bzw. dessen ArcMap Toolbox daraus erstellt. DHM-Datensätze aus LiDAR Befliegungen (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen, 2018) standen für das Fort Hahneberg zur Verfügung und wurden mittels ArcMAP um Neigungs- und Ausrichtungsmodelle erweitert. Für die polnischen Festungsbauwerke Fort Sarbinowo bzw. Wrocław konnten keine kostenfreien LiDAR basierte Datensätze ausgewertet und verwendet werden. Statt dessen wurde der dazugehörige LiDAR basierte WMTS Dienst (Centralny Ośrodek Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej, 2012) auf Basis von 1m Rasterzellengröße für Sichtungen und Abgrenzungen der eigentlichen Fort-Bereiche verwendet.

Am Standort Fort Hahneberg (D) wurden Biotopzustände aus verschiedenen Luftbildaufnahmen (Tabelle B-3) rekonstruiert werden (Kapitel 3.5). Diese wurden exemplarisch ausgewertet, um die Dynamik der stattfindenden Sukzession aber auch Standortentwicklung über einen langen Zeitraum am Standort zu dokumentieren. Zugleich sollen diese Untersuchungen exemplarisch für Biotopdynamiken anderer Festungskomplexe dienen und potentielle Naturraumentwicklungsfragen und Defizite am Standort oder vergleichbaren identifizieren.

Exemplarisch wurden für die Bauwerke des Festungskomplexes Kaunas (LT), für die Umgebung des Fort Hahnbergs (D) sowie für Fort Sarbinowo/ Zorndorf (PL) auf Basis von Sentinel 2A und 2B Satellitenaufnahmen (Europäische Kommission und European Space Agency, 2018) verwendet, welche eine jahreszeitliche Vegetationsentwicklung abbilden. Hierfür wurden Datensätze der Jahre 2016 bzw. 2018 benutzt, bei denen die Versionen Level-2A (*bottom of atmosphere reflection*) für die Standorte Hahneberg und Sarbinowo und Level-1C (*top of atmosphere reflection*) für den Standort Kaunas benutzt wurden (Tabelle B-5). Durch manuelle Sichtung und Selektion betrachteter Untersuchungsräume der o.g. Festungen wurden wolkenfreie (Wolkendeckung 0% als Zielvorgabe) Datensätze verwendet.

Abbildung B-3 stellt die folgenden Textbeschreibungen als *workflow*-Diagramm dar.

Mittels der SNAP Toolbox (ESA, 2018b) wurde die Daten der Sentinel Datensätze über das Plugin Sen2Res (Brodu, 2017) auf einheitliche Rasterzellengröße von 10m reduziert (echtes *downsampling*). Hierbei wurde jeweils ein Ausschnitt gewählt, der dem erweiterten Umkreis um den einzelnen Festungskomplex, unter der Verwendung der minimalen und maximalen XY-Werte der Ausdehnung des 1000m Puffers um den Innenbereich der Festungsanlagen, welcher mittels DEM bzw. LiDAR Datensätze konstruiert wurde, entspricht (Tabelle B-6).

Eine Weiterverarbeitung erfolgte mittels der Programme SNAP Version 6.0.0 (ESA, 2018b), ENMAPbox 2.2.1 (van der Linden *et al.*, 2015) und Rx64 3.3.3 (R Core Team, 2017). Es sollten dabei Vegetationskomplexe mittels verschiedener Klassifikationsalgorithmen, *k-means* (Hartigan und Wong, 1979), *random forest* (Ho, 1995) und Variationen hiervon, ermittelt werden (vgl. Quellcodedokumentation und ggf. Teilskriptquellen in Anhang B). Für das *k-means clustering* in Rx64 3.3.3 wurde die *default*-Variant nach Hartigan und Wong (1979) benutzt. In SNAP ist der verwendete *k-means* Algorithmus unbekannt. In beiden Programmen wurde der Iterationswert Anfangs auf 30 gesetzt (Abbruch des *clustering* nach 30 Iterationsschritten). Für die *random forest* Modellierung mittels ENMAPbox, unter der

Beibehaltung obiger Iterationsschritte, wurden örtlich bekannte Strukturen sowie Aussagen der großflächigen Biotopkartierungen als Trainingsdaten verwendet. Diesbezügliche Trainingsmodell-Datensätze sind beim Autor für 10 Jahre verfügbar.

Random forest Klassifizierungen mittels ENMAPbox wurden aus Gründen des Aufwandes sowie der zunehmenden Unsicherheit bei der Selektion von Trainingsdaten am Standort Hahneberg (D) nur zwischen den Clusteranzahlen drei bis sechs durchgeführt. An den Standorten Sarbinowo (PL) und Kaunas (LT) wurde aus Gründen vergleichbarer großflächiger bekannter Biotopkartierungen, wie am Standort Fort Hahneberg vorhanden, auf eine *random forest* Klassifizierung mittels ENMAPbox verzichtet.

An den vegetationsökologisch untersuchten Standorten der Festung Wrocław wurden keine Satellitenaufnahmen ausgewertet, da die einzelnen Bauwerke mit maximal 0,5ha Grundfläche zu klein sind, um plausible Aussagen tätigen zu können.

Ebenso wurden an den anderen weniger systematisch und intensiv untersuchten Standorten auf eine Auswertung von Satellitendaten verzichtet.

3.5 Bewertungsmethodik

Quantitative Veränderung bzw. Erfassung von Flächenbiotopen:

Für eine quantitative Bewertung der Veränderungen der Flächenanteile bestimmter Hauptbiotoptypen wurden, falls verfügbar zeitlich verschiedene Luftbildaufnahmen ausgewertet. Hier wurden die Biotoptypen Wald, Offenland, Verkehrs- und Siedlungsstrukturen sowie sonstige nicht eindeutig bestimmbare Biotoptypen digitalisiert und deren Flächenanteile bestimmt. Für den Standort Fort Hahneberg wurden auf diese Art und Weise Aufnahmen bis in das Jahr 1928 ausgewertet (Tabelle B-3).

Für andere Anlagen bzw. deren Einzelstandorte wurde jeweils die aktuellsten verfügbare Luftbildaufnahmen bzw. Google Earth Daten benutzt. Eine zeitlich umfassende Auswertung der Standortentwicklungen, analog zum Standort Fort Hahneberg, konnte mangels verfügbarer Daten daher hier nicht durchgeführt werden. Stattdessen wurden Ergebnisse der Satellitendatenauswertung als Grundlage der Manifestation eine Status-quo verwendet, da sich deren Auswertungen grundsätzlich und ausnahmslos mit dem Verfasser durch vor Ort Biotopkartierungen bekannten Biotopstrukturen decken. Hierbei dienen die als „am

genauesten“ bewerteten Klassifizierungen als Basis des Vergleichs zur manuellen Flächenidentifikation mit den Standorten Wald, Offenland, Siedlungs- und Verkehrsstrukturen sowie sonstigen Flächen, analog der Klassifizierung am Standort Fort Hahneberg.

Qualitative Bewertung der Klassifikationsalgorithmen

Zum einen wurden die Ergebnisse der verschiedenen Klassifikationen auf Basis der Satellitendaten hinsichtlich Ihrer „Genauigkeit“ und „Repräsentativität bewertet. Hierfür wurde die R Bibliothek „clusterCrit“ (Desgraupes, 2016) mit der Indexberechnung „Silhouette“ (Rousseeuw, 1987) verwendet, (Anhang B, basis skript „Silhouette Index“), welche als *ex-post* Bewertung im Resultat eine mögliche ideale optimale Clusteranzahl ermittelt bzw. die Performanz einzelner Klassifikationen bewertet. Zusätzlich zu den ursprünglichen maximal 30 Iterationsschritten wurde für die Standorte Fort Sarbinowo (PL) und Kaunas Fort IV und V (LT) der maximale Iterationswert auf 100 verwendet und die verschiedenen Klassifizierungen mit diesem Wert wiederholt. Zusätzlich wurde, nachdem erste Durchläufe der *ex-post* Bewertung mittels des Silhouette Index aufzeigten, dass die ursprüngliche minimale Clusteranzahl von drei nicht zwingend das beste Resultat geben könnte, für die Standorte Fort Sarbinowo und für die beiden Standorte in Kaunas der minimale Clusterwert auf 2 gesetzt und die Resultate in die Silhouette basierte Bewertung mit aufgenommen.

Bei der Bewertung mittels des Silhouette Indexes wurden unterschiedlich große Stichprobenumfänge gewählt, um die Sensitivität des Indexes zu prüfen Hierbei wurden 10, 100, 500, 1000, 2000 und 5000 von maximal 252*252 Pixeln als zu verwendender Stichprobenvektor vorgegeben. Eine einzelne Stichproben der Größe N wird dabei aus jedem Cluster gezogen und daraus der Index zwischen „-1“ (keine Übereinstimmung) und „1“ (volle Übereinstimmung) mit den Rohdaten des Original-Satellitendatenstacks ermittelt. Bei einer größeren Clusteranzahl können bei höherem Stichprobenumfang u.U. alle Werte des Clusters zur Berechnung des Indexes verwendet werden. Um den Rechenaufwand für die höheren Stichprobenumfänge zu reduzieren, wurde das ursprüngliche Skript angepasst, um es mittels der „doParallel“ Bibliothek (Microsoft und Weston, 2018) in R zu beschleunigen (Anhang B, performance skript „Silhouette Index“).

Im Zuge der Bearbeitungen wurden für die Standorte Hahneberg, Fort Sarbinowo und Kaunas die Resultate des oben beschriebenen *clustering* mittels des C_index, implementiert als Bewertungsindexalgorithmus in „clusterCrit“, auf ihre Performanz untereinander getestet. Je niedriger der Wert, umso genauer das *clustering* im Vergleich zum Originaldatensatz,

schwankend zwischen „0“ und „1“. Nur am Standort Hahneberg wurde hierfür der ursprüngliche Ansatz von maximal 30 Iterationsschritten bei minimal 3 Clustern beibehalten.

Der am besten performende Klassifizierungsansatz (Abgleich zwischen Silhouette und C_index Performanz) wurde daraufhin nochmal mittels aller Indices („all“ Option der clusterCrit-Bibliothek) getestet. Auch hier wurden oben genannte Stichprobenumfänge verwendet, und die Ergebnisse für jeden Standort im Vergleich dargestellt. Für den Standort Fort Hahneberg wurden das *clustering* in Rx64 3.3.3 für diesen Zweck mit 100 Iterationsschritten wiederholt, sowie die minimale Clusteranzahl von zwei hinzugefügt. Die Auswertung aller Indices gibt einen Überblick darüber, welche Clusteranzahl(en) in der umgesetzten Methodik die beste(n) wäre(n). Die mit der Option „all“ 15 verschiedenen errechneten GDI Indices wurden als ein Index betrachtet.

Zum anderen wurde exemplarisch am Standort Fort Hahneberg die für den 250m Pufferbereich Werte des einzelnen *clustering* extrahiert und den bekannten örtlichen Hauptbiotoptypen *Wald*, *Offenland*, *Siedlungs- und Verkehrsflächen* sowie *Sonstige* zugeordnet. Danach wurden die jeweiligen Flächenanteile ermittelt und mit den durch die bekannten bzw. ermittelten Werten anderer Verfahren (s.o.) verglichen. Hier wurden die jüngsten offiziellen Datensätze der Biotopkartierungen von 2012 als Referenzwerte verwendet. Basis der Clusterauswertungen sind die Klassifikationsdurchläufe mit maximal 30 Iterationsschritten (Ergebnisse in Anhang C sowie in Kapitel 4.2).

Zum Abgleich der Ergebnisse der Bewertungen wurde diese den Aussagen einer *ex-ante* Bewertungsmethode gegenübergestellt. Ausgangsbasis sind die Klassifikationsalgorithmen von Roller *et al.* (2016) und Gerlitz *et al.* (2018), basierend auf Michelangeli *et al.* (1995), bei welcher mittels einer PCA (*principal components analysis*) eine Vorabeingrenzung des normalisierten Datenraumes vorgenommen wird. Im verwendeten Code werden 95% der Varianz nach der PCA als Grundlage weiterer Klassifikationen vorgenommen. Für jede zu ermittelnde Clusteranzahl wird ein *classifiability index* (CI) zwischen „0“ und „1“ errechnet. Die optimale Clusteranzahl ist diejenige, bei der der Index erstmalig größer als die Varianz ist, ausgehend von der kleinsten zur größten Clusteranzahl. Die dann zu ermittelnde finale Flächenverteilung der Cluster basiert auf dem Durchschnitt aus vorherigen 100 Clusterungen, die mittels der *k-means* Clusterung nach Hartigan und Wong (1979) bei 1000 Iterationsschritten errechnet wurden. Im Folgenden wird dieser Ansatz als *ex-ante* Methode bezeichnet. Der native Quellcode hierfür ist bei Dr. Lars Gerlitz vorliegend und darf hier nicht veröffentlicht werden.

An den Fort-Standorten in Kaunas wurde das im vorhergehenden Absatz beschriebene Verfahren ebenso angewandt. Hier reicht die älteste Luftbildaufnahme in das Jahr 1944 zurück. Zusätzlich sind weniger Luftbildaufnahmen auswertbar gewesen. Basis der Auswertung waren hier v.a. die Datensätze für 2014 aus Google Earth (Tabelle B-7). Aufweichend vom Verfahren am Standort Fort Hahneberg waren hier keine offiziellen Biotopkartierungen als Vergleich vorhanden. Die letzte aktuelle manuelle Einteilung per Luftbildanalyse diente hier als Referenzverteilung bei der Bewertung

Qualitative Bewertung der floristischen Artenzusammensetzung

Aus den einzelnen Releveedaten der vegetationskundlicher Untersuchungen wurden Standortdatensätze zusammengeführt und in eine JUICE (Tichý, 2002) lesbare Form überführt. Mittels des JUICE Programmes wurden folgende Auswertungen durchgeführt:

- Bestimmung der beta-Diversitäten zwischen verschiedenen Zeitpunkten nach verschiedenen programminternen Algorithmen, falls möglich (alpha-Diversitäten ergeben sich bereits aus den einzelnen Aufnahmen)
- kartierte Bestände wurden mittels des TWINSpan (Hill, 1979) Algorithmus verglichen. Dies erfolgte sowohl innerhalb und zwischen den einzelnen Festungsstandorten, falls möglich, auch zwischen den unterschiedlichen Aufnahmezeitpunkten. Hierbei wird die Ähnlichkeit der Relevees auf verschiedenen Hierarchieebene geprüft.

4. Ergebnisse

4.1 Standortuntersuchungen

Allgemeines

Europa ist in die holarktische Florenprovinz sowie in die paläarktische Faunenprovinz einzuordnen. Je nach Lage sind in der Vegetation unterschiedliche klimatische Einflüsse wiederzufinden, bzw. spiegeln diese wieder. Durch die ausgeprägte Tieflandsregion Mitteleuropas sowie der hier durchgängigen planaren Stufe sind viele Arten in großen Teilen Europas wiederzufinden. Zudem kommt es hier durch das Fehlen größerer Erhebungen zu nur vergleichsweise gering ausgeprägten kleinklimatischen Schwankungen. Eine gewisse Homogenität der biogeographischen Situation ist damit für Mitteleuropa nicht ausschließbar. Vergleiche hierzu auch die Abbildungen A-9 bis A-16.

4.1.1 Fort Hahneberg

Allgemeines

Fort Hahneberg ist ein Biehler-Einheitsfort, errichtet zwischen 1882 und 1888. Es sollte als Erweiterung der Zitadelle Spandau als detachiertes Fort dessen Westflanke schützen. Es liegt am westlichen Stadtrand Berlins und war nach Gebietstausch zwischen West-Berlin und der DDR von 1961 bis 1990 Teil der gesperrten Grenzanlagen. Nach 1990 kam es hier zu Sanierungsmaßnahmen, da das Fort durch verschiedene Aspekte baufällig und in Teilen unbegebar geworden war (Schulze, 2004; Theissen und Voigt, 2009).

Schutzstatus

Das Fort ist unter der Nummer 09085593 als Baudenkmal in Berlin gelistet (Landesdenkmalamt Berlin, 1991). Ein komplexer Sanierungsplan nach denkmalschutzrechtlichen Vorgaben von 2004 (Theissen und Voigt, 2009) ist aber durch die naturschutzfachlichen Ansprüche (s.u.) bis dato, trotz der stattgefundenen Sanierungen nur teilweise umgesetzt worden.

Das Fort und seine Umgebung sind sowohl als Landschaftsschutzgebiet (LSG-51), als auch als Naturschutzgebiet (NSG-38) ausgewiesen. Ein Teil des Forts inklusive seiner Glacis (ca. 10ha)

ist als FFH-Gebiet, EU Gebietsnummer 3444-308, ausgewiesen und damit Teil des NATURA2000 Netzwerks (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, 2009 und Abb. F-1).



Abbildung 3: Fort Hahneberg, auffälliger abgesperrter Bereich der zerstörten Spitzgrabenwehr, März 2014, © Junghans, 2014

Der FFH-Schutzstatus beruht nicht auf FFH LRT-Typen (Stand 2017), sondern auf dem Vorhandensein oder der Quartierrelevanz für 2 FFH-Anhang IV Fledermausarten (*Myotis bechsteinii* und *M. myotis*). Daneben sind 8 weitere Arten von Anhang IV FFH-Relevanz, auch aus anderen Familien, gelistet (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, 2017).

Klima

Das Fort Hahneberg liegt wie die Zitadelle Spandau im Übergangsbereich zwischen ozeanischem und sub-ozeanischem Klima (Abb. A-8). Die Jahresmitteltemperatur der zugehörigen WMO-Klimastation Berlin-Tegel (CLIMAT-ID 10382) betrug im Zeitraum 1961-1990 ca. 9,3°C. Die durchschnittliche Temperatur des kältesten Monats (Januar) betrug -0,3°C, die des wärmsten (Juli) 18,7°C. Der durchschnittliche Jahresniederschlag beträgt etwa 556mm, mit tendenziell höher ausfallenden Sommerniederschlägen (Abb. B-2).

Berlin und damit Fort Hahneberg und die Zitadelle Spandau ist dem Klimaraum Cfb (warm temperiert, humid, warme Sommer) nach der Köppen-Geiger Klassifikation zuzuordnen (Abb. A-6 und A-7)

Geographie und biogeographische Einordnung

Das Fort Hahneberg und die Zitadelle Spandau befinden sich wie der Großraum Berlin-Brandenburg in der eiszeitlich geprägten planaren Region des Norddeutschen Tieflandes, welches Teil des mitteleuropäischen Tieflandes ist und gehört nach EEA (2016) zur kontinentalen Region Europas. Das Fort selber hat eine mittlere Geländehöhe von etwa 60m üNN und ragt damit etwa 20m über die mittlere Geländehöhe der weiteren Umgebung hinaus. Der Standort liegt am östlichen Rand der vorwiegend weichseleiszeitlich geprägten Nauener Platte und wurde in den Hahneberg hineingebaut.

Die Region ist in der Klassifikation nach FAO (2012) in die Ökozone *temperate oceanic forests* einzuordnen, grenzt aber zugleich an die südlich angrenzende kontinentale Zone. Der Standort befindet sich nach Dierssen (1990) in Dierschke (1994: 535) in der temperaten Florenzone (Abb. A-14), in der mitteleuropäischen Provinz und grenzt an den baltischen Vegetationsbezirk an (Abb. A-15). Der Standort befindet sich in der mitteleuropäischen Florenprovinz der süd-eurosibirischen Florenregion (Abb. A-16).

Der Kontinentalitätsindex (Ellenberg, 1996: 259) des Standortes beträgt 33,6.

4.1.1.1 Flora

Im Sommer 2014 sowie im Frühjahr 2018 wurden vegetationsökologische Untersuchungen an ausgewählten Flächen vorgenommen. Dabei wurde sich an den Örtlichkeiten und Resultaten vorheriger Erkundungen durch Ißbrücker und Riesbeck (2007) im Jahr 2006 orientiert, und relevante Kartierflächen selektiert. An beiden Untersuchungszeitpunkten wurden sowohl Offenland- als auch Waldbiotope in ihrer Artenzusammensetzung untersucht: Diese sind sowohl für die Biotopstruktur des Forts exemplarisch als auch relevant für das naturschutzfachliche Begleitmonitoring des Standortes. Für exemplarische Fotografien der Kartierstandorte vergleiche die Abbildungen G-1 bis G-2 des Anhangs G.

Kartierte Flächen sind in Abbildung 4 visualisiert. Die Ergebnisse der im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten vegetationskundlichen Aufnahmen (Relevees) sind in den Tabellen C-7 bis C-

17 zusammengefasst. Zusätzlich sind ebenda die Ergebnisse der zu vergleichenden Aufnahmen nach Ißbrücker und Riesbeck (2007) aufgeführt.

Die mittels des digitalen Höhenmodells für Berlin extrahierten Daten der Geländehöhe, Exposition und Neigung der Kartierungsflächen sind in Tabelle C-4 aufgeführt.

Offenland-Biotope

Allgemeines

Die Pflege der Offenlandbiotope wird durch das Bezirksamt Spandau mehrschürig durchgeführt, d.h. es finden nach Aussagen der ASG Fort Hahneberg mindestens 2-malig im Jahr Schnitttermine statt. Der hierzu existente Pflege und Entwicklungsplan von 2014 (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, 2017) wurde nicht gesichtet. Durch die Begehungen wurde festgestellt, dass in verschiedenen Zonen scheinbar ein unterschiedliches Mahdregime umgesetzt wird: nicht alle Flächen werden vermutlich gleich intensiv/extensiv und zum gleichen Zeitpunkt gemäht. So fanden sich zum Aufnahmezeitpunkt Sommer 2014 im südwestlichen Innenbereich dichte *Calamagrostis epigejos* Reinbestände auf ca. 300m², welche in der Ausprägung *Calamagrostietum epigeji* Juraszek 1931 häufig auf armen und sauren Sandböden im pleistozänen Tiefland vorzufinden sind (Schubert *et al.*, 2010: 170). In anderen Bereichen waren zu gleichen Zeitpunkten diese nur kümmerlich entwickelt bzw. waren bereits gemäht.

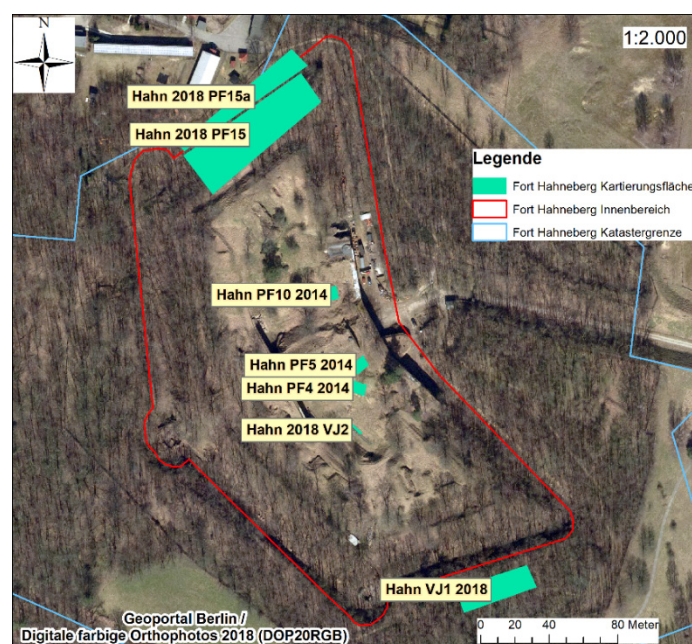


Abbildung 4: Darstellung der Kartierungsflächen am Standort Fort Hahneberg

Grundsätzlich zeigen die Offenlandbiotope des Innenbereiches des Fort Hahneberg ruderale Einflüsse, welches u.a. durch verbreitete pflanzensoziologische Störer/ Allerweltsarten wie *Elymus repens* oder *Achillea millefolium* deutlich wird. Teilweise wird hier auch der vergleichsweise junge Standort, der zudem häufigen Störungen in den letzten drei Jahrzehnten unterworfen wurde, als in einem Aufbaustadium befindlich interpretiert, bei dem sowohl Pflegeinflüsse, Waldrandinflüsse sowie andere anthropogene Einflüsse (der jüngsten Vergangenheit) noch kein quasi-stabiles soziologisches Equilibrium hervorgebracht haben.

Alle kartierten Bereiche befinden sich wie in den Kartierungen von 2006 in einem soziologisch ungesättigtem Status, d.h. es sind durch oben beschriebene Umstände unvollständige bzw. gestörte soziologische Arteninventare dokumentiert worden. Eine soziologische Beschreibung und Einordnung der Bestände nach dem System OBERDORFER (Oberdorfer, 1992) muss unter Vorbehalt bleiben. Eine sichere Einordnung in Assoziationen unterbleibt deshalb. Es werden aufgrund der Häufigkeit des Vorhandenseins nur mögliche Zuordnung der Charakterarten der dominierenden Bestände in Verbands oder Ordnungsebene vorgeschlagen. Abweichend davon kann es zu Vorschlägen auf der Assoziationsebene kommen.

Die Einordnung der Kartierflächen in das System der Biotoptypenkartierung Brandenburgs erfolgt ebenso unter Vorbehalt, bzw. teilweise nur in obere Einheiten. Um die Verbindlichkeit der Aussagen zu relativieren, und um die Interpretationsspielräume nicht zu sehr einzuengen, werden teilweise mehrere Interpretationen bezüglich der soziologischen Einordnungen bzw. Biotoptypenzuordnung gegeben.

Prüffläche 4 (Hahn PF 4 2006/ 2014)

Prüffläche 4 liegt am südlich Hang der linken Volltraverse, die den Durchgang zum Innenhof des Forts darstellt. Sie ist im Mittel mit 22° nach SW (219°) geneigt und hat eine Höhendifferenz von ca. 5m bei einer Grundfläche von ca. 70m².

Es wurden 2014 am Standort 19 Gefäßpflanzen kartiert, davon 3 Grasarten. Im Sommer 2006 wurden durch Ißbrücker und Riesbeck (2007) 16 Gefäßpflanzen registriert.

Die Bestände deuten in ihrer Zusammensetzung auf die Ordnung Brometalia (submediterraner Trocken- bis Halbtrockenrasen) hin, mit den Ordnungscharakterarten *Anthyllis vulneraria*, *Bromus erectus*, *Dianthus carthusianorum*, *Medicago lupulina*, *Armeria maritima* ssp. *elongata* in der Aufnahme von 2014, dessen weitere Differenzierung unklar ist, vermutlich aber durch

die Verbandscharakterart *Medicago lupulina* im Mesobromion anzusiedeln ist. Es treten Basenzeiger ($R \geq 8$) an beiden Kartierzeitpunkten 2014 und 2006 auf. Der Standort zeigt eine Tendenz zum subkontinentalen, u.a. durch die Zunahme dieser Vertreter zwischen 2006 und 2014. Gleichzeitig tritt mit *Armeria maritima* ssp. *elongata* eine Charakterart des Verbandes Koelerio-Phleion phleoidis (Bodensaure Trockenrasen) auf. Dieser Verband und seine Gesellschaften sind „unscharf differenziert“ (Pott, 1992: 359).

Der Bestand könnte aufgrund des relativ hohen Deckungsgrades von *Corynephorus canescens* auch in den Verband der namensgebenden Charakterart Corynephorion canescentis Klika 1931 eingeordnet werden. Allerdings sind Assoziationen dessen relativ artenarm und in deren Ausprägungen nicht mit dem vorgefundenen Arteninventar vereinbar.

Andererseits zeigt der Standort Tendenzen der Ausbildung der Diantho deltoides-Armerietum elongatae Pötsch 1962 (Pott, 1992: 342) im Verband Plantagini-festucion ovinae der Ordnung Festuco-Sedetalia, beim dem Relikte der Initialgesellschaften des Verbandes Koelerion glaucae auftreten. Diese Assoziation ist ein extrazonales Relikt der postglazialen Nachwärmezeit (Pott, 1992: 341). Diese Ausbildung wäre zudem durch reliktsche Fragmente der initialen Ausprägung einer undifferenzierten Silbergrasgesellschaft (Corynephorion canescentis Klika 1931) durchsetzt. Vergleiche hierzu auch Schubert *et al.* (2010: 291f). Beide Gesellschaften sind Vertreter der basenarmen mageren Sandrasen (Ellenberg, 1996: 691).

Die 2006 hier am Standort vermutete rudimentär ausgeprägte Assoziation Thymo-Festucetum ovinae R. Tx. 1955 kann durch die Abwesenheit der Differentialart *Thymus serpyllum* nicht mehr bestätigt werden. Vergleiche hierzu auch Runge (1990: 193).

Durch das Auftreten der verschiedensten Vertreter der basiphilen- bzw. bodensauren Sandtrockenrasen- oder Halbtrockenrasengesellschaften ist es sehr schwierig, eine exakte soziologische Einordnung zu tätigen. Auch die Auswertungen der Zeigerwerte der Relevés sind hier nicht weiterführend. Vergleiche hierzu Ellenberg (1996: 669ff). Naheliegend sind anthropogen verursachte Durchmischungen der Ordnungen Sedo-Scleranthetea (bodensaurer Sandrasen) und der Festuco-Brometea (Kalkmagerrasen), mit einer prognostischen Tendenz zum letzteren in den kommenden Jahren. Dagegen spricht allerdings die Ausprägung von Sedo-Scleranthetea Gesellschaften bei Kontinentalitätsindexen über 30 (Ellenberg, 1996: 259), da am Standort dieser bei 33,6 liegt.

Nach der Biotoptypenkartierung Brandenburg kann der vorgefunden Bestand des Jahres 2014 in die Trockenrasen, Biotoptyp 05120, eingeordnet werden. Initiale Stadien waren vermutlich Silbergrasreiche Pionierfluren (051211), dessen weitere kennzeichnenden Arten wie *Hieracium pilosella*, *Hypochaeris radicata* und *Agrostis capillaris* noch vorhanden sind (Landesumweltamt Brandenburg, 2007: 178ff). Eine weitere Spezifizierung wird nach derzeitigem Wissensstand nicht empfohlen.

Prüffläche 5 (Hahn PF 5 2014)

Prüffläche (PF) 5 liegt über der Kapitalpoterne am Ansatz der linken Volltraverse und hat im Mittel eine Höhe von 61,6m üNN, und überspannt insgesamt ca. drei Höhenmeter. Die kartierte Fläche von ca. 60m² ist im Mittel ca.19° nach WSW (251°) geneigt.

Es wurden bei der Sommerkartierung 27 Gefäßpflanzen vorgefunden, davon eine Verjüngung von *Quercus robur*, einem angrenzendem Solitärbaum. In der Frühjahrskartierungen 2018 wurden 7 Arten registriert, darunter mit *Calamagrostis epigejos* eine Neuerscheinung an der Kartierfläche. Im Sommer 2006 wurden durch Ißbrücker und Riesbeck (2007) 14 Gefäßpflanzen registriert.

PF 5 hat eine weniger basisch präferierendes Arteninventar ($R \geq 8$) als die Prüffläche 4, obgleich der Mittelwert/ Median bei 6/ 7 liegt. Vertreter von kalkreichen Standorten sind hier *Falcaria vulgaris*, *Centaurea scabiosa*, *Echium vulgare* und *Medicago lupulina*. Die mittlere Kontinentalität ist als schwach subkontinental ausgeprägt, die mittlere Stickstoffzahl von 3,2 deutet auf einen stickstoffarmen Standort.

6 Vertreter sind der der Klasse Festuco-Brometea, 4 Vertreter der Klasse Sedo-Scleranthetea zuzuordnen. *Armeria maritima ssp. elongata* wird als Vertreter des Koelerio-Phleion phleoidis (Bodensaure Trockenrasen) abweichend zu Pott (1992: 359) von Ellenberg (1996: 691) zur Ordnung Festuco-Sedetalia gezählt und damit in die Klasse Sedo-Scleranthetea gestellt. Es fanden sich 3 Vertreter der Artemisietea (Stickstoff-Krautfluren) sowie 2 der Agropyretea (Quecken-Trockenpionier-Gesellschaft). Die meisten anderen Arten sind indifferent.

Echium vulgare, *Melilotus alba* sowie *Medicago x varia* sind Vertreter des Verbandes Dauco-Melilotion (Möhren-Steinklee-Gesellschaften) (Schubert *et al.*, 2010: 392), dessen ein Hauptvertreter *Daucus carota* auch in den Aufnahmen von 2006 nicht auftritt. Nach Pott (1992: 381) ist dies ein schwach differenzierter Verband. Die Assoziation Echio-Melilotetum R. Tx.

1947 ist wärmebedürftig, wie der Verband basiphil und als ruderales Pioniergesellschaft zu interpretieren, z.B. auf Bahnanlagen vorkommend, sowie schwach nitrophil (Ellenberg, 1996: 864).

Der relativ hohe Deckungsgrad von *Corynephorus canescens* verdeutlicht ebenso Reste einer initialen Pioniergesellschaft (*Corynephorion canescentis* Klika 1931), welche fragmentarisch noch vorhanden ist und als Binnendünenvertreter auf mäßig sauren bis stark sauren Standorten in Mitteleuropa vorzufinden ist. Sein typischer Begleiter auf diesen Standorten ist *Rumex acetosella*, welcher hier nicht mehr vorgefunden wurde. Beide sind an Übersandungen in ihrer Etablierung bedingt. Da die Kartierfläche in ihrer Struktur zunehmend stabiler wird, wird vermutlich *C. canescens* demnächst wie *R. acetosella* die Fläche verlassen. Das Vorkommen von *Festuca ovina*, *Hypochaeris radicata* und *Hieracium pilosella* deutet an, dass sich der Pioniergesellschaft bereits in einen Sand-Halbtrockenrasen übergegangen ist (Ellenberg, 1996: 558). Diese wären folgend der Bodentextur entweder Silikat-Magerrasen (Sedo-Scleranthetea) oder bodensaurer Halbtrockenrasen (Koelerio-Phleion phleoidis).

Falcaria vulgaris sowie *Cerastium arvense* sind Vertreter der Ordnung Agropyretalia intermediae-repentis (Halbruderales Trocken- und Halbtrockenrasen), wobei *F. vulgaris* Kennart der Verbandes Convolvulo-Agropyron repentis (hemerophile halbruderales Halbtrockenrasen) ist. Diese Ordnung und seine Arten sind „Lückenbüßer und Opportunisten“ (Ellenberg, 1996: 384) können je nach Entwicklungsstadium u.a. mit Halbtrockenrasen in Beziehung stehen, dessen offene Stellen durch diese besiedelt werden.

Mit *Anchusa officinalis* tritt ein Vertreter der nitrophilen Eselsdistelfluren Onopordetum am Standort auf, der hier als Störer bzw. verirrter Einzelvertreter des Onopordetum acanthii Br.-Bl. (1923) 1926 interpretiert wird, obgleich sein Begleiter *E. vulgare* auch vorkommt. Alle anderen Charakterarten fehlen allerdings. Diese Assoziation ist basiphil und xerotherm sowie typisch für solche geartete Böschungen (Runge, 1990: 116).

Folgend der Häufigkeit der Festuco-Brometea Vertreter wird vorgeschlagen, dass vorhandenes Arteninventar auf die undifferenzierte und fragmentarische Ausprägung des Verbandes Mesobromion in der Ordnung Brometalia erecti Koch 1926 (submediterrane Trocken- und Halbtrockenrasen) deutet, trotz des Kontinentalitätsindex von 33,6 für den Standort. Hinweise hierzu finden sich u.a. in Ellenberg (1996: 668). Vergleiche hierzu auch die Kartierschlüssel in Schubert *et al.* (2010: 313-320). Durch Sukzession wird sich diese Ausprägung stetig in xerotherme Waldbestände entwickeln (Ellenberg, 1996: 674;

Landesumweltamt Brandenburg, 2007: 188f, 191). Zusätzlich finden sich Ansätze obiger undifferenzierter Ausprägungen bzw. deren Reste.

In der Biotopkartierung Brandenburg wäre diese Standort sicher in die Gruppe der basiphilen Trocken- bis Halbtrockenrasen (Biotoptyp 05122) einordbar, auch wenn die Kennart *Bromus erectus* (noch) nicht existent ist oder übersehen wurde. Folgend obiger Argumentation könnte die nähere Spezifikation des Arteninventar als submediterraner Halbtrockenrasen (Biotoptyp 051224) ausgewiesen werden, bei dem geographisch bedingt typische kontinentale Vertreter fehlen (Landesumweltamt Brandenburg, 2007: 190), welcher allerdings nur als Begleitbiotop des Kontinentalen/ basiphilen Halbtrockenrasen (Biotoptyp 051222) auszuweisen wäre. Eine Zuordnung zum FFH LRT Typ 6240 durch die Abwesenheit typischer hierfür Vertreter kann nicht erfolgen, ebenso eine Zuordnung zum LRT Typ 6210.

Prüffläche 10 (Hahn PF 10 2014)

Prüffläche 10 liegt nördlich der Kapitalpoterne und dem Rand der rechten Volltraverse und hat eine Fläche von ca. 60m². Diese ist im Mittel 10° nach Süden (165°) geneigt und hat im Mittel eine Höhe von ca. 60,5m üNN, mit einem absoluten Höhenunterschied von 1m innerhalb der Fläche.

Im Sommer 2014 wurden 17 Gefäßpflanzen festgestellt. Im Sommer 2006 wurden hier durch Ißbrücker und Riesbeck (2007) 13 Gefäßpflanzen kartiert, davon sind 7 persistent.

Der Standort weist mit 2 Basenzeigern und 2 Säurezeigern im Mittel auf ein ausgeglichenes Säure-Basen Verhältnis hin. Der Standort ist als mager (N=3,4), mesophil (F=3,7) und subkontinental (K=6,3) ausweisbar.

Es wurden mit *Anchusa officinalis*, *Echium vulgare*, *Berteroa incana* und *Oenothera biennis* vier Vertreter der Ordnung Onopordetalia (Bienne Ruderalgesellschaften) vorgefunden. Die letzten drei Kennarten des Verbandes Dauco-Melilotion.

Im Jahr 2006 wurde hier durch Ißbrücker und Riesbeck (2007) noch ein quasi-monodominanter Graukressenbestand des *Berteroetum incanae* Siss. et Tidemann 1946 vorgefunden, der sich im Jahr 2014 aufgelöst hat und nur noch als angedeuteter Verband Dauco-Melilotion vorhanden ist. Dieser ist mit andern Begleitarten aus der Klasse Molinio-Arrhenatheretea (*Achillea millefolium*, *Cerastium holosteoides*), Sedo-Scleranthetea (Sand- und Felsgrus-Trockenrasen) (*Trifolium arvense*, *Trifolium campestre*, *Artemisia campestris*) und Querco-Fagetea (Eichen-

und Buchen-Mischwälder) (*Hieracium umbellatum*, *Equisetum pratense*) durchsetzt, welche insgesamt als Vertreter xerothermer Saumgesellschaften interpretiert werden. Es wird durch das Vorkommen von *Scabiosa canescens* angedeutet, dass vorgefundenes Arteninventar sich in die Ordnung Festucetalia valesiacae Br.-Bl. et R. Tx. 1943 in Br.-Bl. 1949 (Kontinentale Schwingel-Trocken und Halbtrockenrasen) entwickeln könnte, dessen langfristige Entwicklung in ein soziologisch angedeuteten Potentillo arenariae-Stipetum capillate Krausch 1961 enden kann (Schubert *et al.*, 2010: 311). Pott (1992: 352) verweist hierzu auf die verarmte Vikariante des westlichen Brandenburgs.

Nach derzeitigen Stand ist der Bestand noch nicht als Biotoptyp 051221 (Landesumweltamt Brandenburg, 2007: 191f) ausweisbar. Es wird vorgeschlagen die Prüffläche in den übergeordneten Biotoptyp 05122 basiphile Trocken und Halbtrockenrasen einzuordnen (Landesumweltamt Brandenburg, 2007: 188ff).

Prüffläche VJ2 (Hahn 2018 VJ2)

Prüffläche VJ2 befindet sich in südlichen Teil des Innenbereichs des Forts. Sie ist auf einer Betonplatte lokalisiert, welche im Vorfeld der Kasematte zum linken Spitzgraben liegt. Sie ist mit durchschnittlich 1° Neigung flach und deshalb nur sehr leicht nach WNW (319°) geneigt.

Die Vegetation der Fläche VJ2 ist vermutlich eine fragmentarische und gestörte Ausprägung des Verbandes der lückigen und basiphilen Steinkraut-Mauerpfeffer-Gesellschaften (Alyso-Sedion). Sie enthält neben *C. canescens* auch den ruderalen Störzeiger *Elymus repens*. Bereits bei Erstbegehung des Standortes im Frühjahr 2014 wurde dieser Standort wahrgenommen, aber nicht kartiert. Im Sommer 2014 war dann der Frühjahrsblüher *Saxifraga tridactylites* nicht mehr auffindbar. Eine nähere soziologische Einordnung bleibt aus, vermutlich ist dies aber als ruderal gestörte *Saxifraga tridactylites*-Poetum compressae Géhu et Lerig 1957 anzusehen (Pott, 1992: 344), bei der *E. repens* quasi als Ersatz für *Poa compressa* fungiert.

Nach der Biotopkartierung Brandenburgs wäre dieser Standort als Mauerfuß- und Mauerkronegesellschaft (Biotoptyp 10130) einzuordnen: Dieser kann auch Arten von Trockenrasen oder Ruderalfluren enthalten. Das wären am Standort *C. canescens* und *A. millefolium*.

Waldbiotope

Allgemeines

Die kartierten Waldflächen sind in ihrer Ausprägung grundsätzlich und oftmals artenarm, da durch die relativ hohen Baumbestände nur im Frühjahr Licht dringt. Das durchschnittliche Baumalter wird auf 70 bis 80 Jahre geschätzt. Nur an lichten Stellen, z.B. verursacht durch Windbruch kommt es zu floristischen Abwechslungen in der Krautschicht. Typische Süßgräser der lichterem Waldbereiche sind *Poa nemoralis* und *Bromus inermis*, die mitunter flächige monodominante Reinbestände ausbilden können. Dominierende Baumarten am Standort sind *Robinia pseudoacacia*, *Acer pseudoplatanus* und *Acer platanoides*. Ißbrücker und Riesbeck (2007) berichten von einzelnen rotblühenden Mutterpflanzen von *R. pseudoacacia*, was bei den Begehungen 2014 und 2018 nicht überprüft werden konnte. Bei der Frühjahrsbegehung 2018 wurde nur im relativ offenen Bereich der Glacis des linken Flankengrabens im nennenswerten Umfang Frühjahrsgeophyten vorgefunden.

Verjüngungen sind größtenteils aus den dominierenden Baumarten bestehend.

Durch die Reliefunterschiede zwischen Escarpe, Gräben und Contreescarpe, die im Mittel 10m sind, kann es vor allem in den beschatteten Bereichen zu einer Mikroklimaausprägung kommen, die mitunter feuchter und kühler als restliche Bereiche sind. Auch Ißbrücker und Riesbeck (2007) deuteten dies bereits an. Im Frühjahr 2018 konnte dies nicht bestätigt werden, da das Frühjahr 2018 am Standort bereits relativ trocken war.

Prüffläche PF 15 2018 und PF 15a 2018

Prüffläche 15 und 15a liegen innerhalb und randlich des rechten Spitzgrabens. PF 15 überspannt eine Fläche von etwa 2000m², PF15a etwa 800m². PF15 überwindet insgesamt ca. 10 Höhenmeter, da die tiefste Stelle im rechten Flankengraben und die höchste die Mauerkrone der Contreescarpemauer ist. Die DHM-Analyse der PF15a weist die gleiche Spannbreite auf, offensichtlich bedingt durch Fehleinschätzungen des Kartierers. Sie liegt auf der Glacis des rechten Flankengrabens und welche tendenziell nach Norden exponiert ist.

Das Arteninventar weist auf einen stickstoffreichen Standort mit ausgeglichenen Säure-Basen Verhältnissen.

Innerhalb der PF 15 wurden 14 Gefäßpflanzen aufgenommen plus die sich verjüngende *Robinia pseudoacacia*. Von diesen 14 Arten wurden drei in der Krautschicht registriert. Der Bestand wird durch *R. pseudoacacia* dominiert, gefolgt von *Acer platanoides*, *Ulmus laevis* und *Acer pseudoplatanus*. Letztere 3 Arten sowie *Poa nemoralis* und weitere 3 örtliche Arten der Strauchschicht, *Hedera helix*, *Prunus spinosa* und *Viburnum opulus*, sind Kennarten der Klasse Querco-Fagetea. Exemplare von *Ribes nigrum* werden am Standort als anthropogen bedingt verstanden, sind aber durchweg in den feuchteren beschatteten Bereichen nahe der Escarpe vorzufinden und entsprechen in ihrem Vorkommen damit den Feuchteaffinitätseinordnungen (in Konkurrenzsituation) nach Ellenberg *et al.* (2001).

Prüffläche 15a liegt auf der Glacis des rechten Flankengrabens und ist deutlich weniger *R. pseudoacacia* dominiert und mit 18 Gefäßpflanzen etwas artenreicher. Dies kann an der lichtereren Bestandausprägung gegenüber PF15 liegen. Neben den auch in PF15 vorgefundenen Vertretern der Querco-Fagetea sind hier mit *Geranium robertianum*, *Chelidonium majus*, *Alliaria petiolata*, *Galium aparine* und *Viola odorata* mehrere Vertreter der Glechometalia hederaceae R. Tx. In Brun-Hool *et al.* 1975 (nitrophytische Staudenfluren, Saum- und Verlichtungsgesellschaften frischer und feuchter Standorte) der Klasse Artemisietea (Stickstoff-Krautfluren) auffindbar gewesen (Pott, 1992: 396). Vermutlich kann diese Krautschicht in die Assoziation Galio aparine-*Impatiens noli-tangere* R. Tx. 9175 gestellt werden, welche ursprünglich in Carpinion Gesellschaften angesiedelt war (Pott, 1992: 405). *Allium vineale* wird wie in PF15 als standorttypische Begleitart verstanden.

Soziologisch wird der auf PF15 vorgefundene Bestand in die Assoziation Chelidonio-Robinetum Jürko 1963 eingeordnet (Ellenberg, 1996: 760), dessen Baumbegleitarten noch und undifferenziert die Ordnung Fagetalia (sylvaticae) (Mesophytische, buchenwaldartige Laubwälder Europas) repräsentieren. Eine höhere syntaxonomische Einordnung dieser Assoziation ist noch fraglich, oftmals wird diese in eine eigene Klasse Robinietea gestellt. Vergleiche hierzu auch die Zusammenfassung in Vítková und Kolbek (2010). Pott (1992: 378) stellt Robinienwälder (Robinietea) in die Klasse Galio-Urticetea. Zur Evolution und Sukzession von Robiniengesellschaften vergleiche auch Müller *et al.* (1992: 97). Nach der Interpretation in Landesumweltamt Brandenburg (2007: 318) stellt der Schöllkraut-Robinienforst (-wald) die Ersatzgesellschaft für den Hainrispen-Winterlinden-Hainbuchenwald (WCMR) dar. Robinien stellen im subsarmatischen Vegetationsbezirk häufig Trümmerfolgegesellschaften (Ellenberg, 1996: 911).

PF15a zeigt Tendenzen zur Ausprägung der noch undifferenzierten Ordnung Fraxinetalia. Hierbei ist standort-und inventarentsprechend der Verband Tilio-Acerion Klika 1955 (Schubert *et al.*, 2010: 53) naheliegend, der sich tendenziell die Assoziation Aceri-Tilietum platyphylli Fab. 1936 entwickeln könnte. Dagegen sprechen die abiotischen und geographischen Ortsbedingungen (Müller *et al.*, 1992: 182ff). Zur Komplexität des Verbandes und seiner Assoziationen im süddeutschen Raum siehe Müller *et al.* (1992: 173-192).

PF15 ist als „Robinienwald“ (Biotoptyp 08340) auszuweisen. Nach der Biotopkartierung Brandenburg wären Prüffläche 15a als „Naturnaher Laubwald mit heimischen Baumarten frischer und /oder feuchter Standorte“ einordbar (Biotoptyp 08293) (Landesumweltamt Brandenburg, 2007: 350).

Prüffläche VJ1 2018

Prüffläche VJ1 findet sich auf der Glacis des linken Flankengrabens mit einer Fläche von ca. 675m². Die mittlere Geländehöhe der Fläche beträgt etwa 55m üNN. Sie ist mit 5° Neigung relativ flach nach SSO (157°) ausgerichtet.

Am Standort wurden 2018 während der Frühjahrsbegehung 18 Gefäßpflanzen kartiert, davon 4 Frühjahrsgeophyten (*Viola odorata*, *Scilla bifolia*, *Gagea lutea* und *Corydalis cava*).

Der Standort ist nach der Zeigerwertauswertung im Frühjahr 2018 frisch und stickstoffreich und weist ein ausgeglichenes Säure-Basen Verhältnis auf. Er ist tendenziell mit subozeanischen bis intermediären Arteninventar ausgestattet.

Die lockere Baumschicht wird zu annähernd gleichen Teilen durch *R. pseudoacacia* und *Ulmus glabra* aufgebaut. Eine soziologische Einordnung der Waldstruktur ist durch die Anwesenheit von *R. pseudoacacia* sowie durch die Abwesenheit anderer Vertreter typischer Waldstrukturen schwierig. *C. cava* und *G. lutea* sind nach Ellenberg (1996: 137) als krautige Vegetation in den Wäldern Mitteleuropas vornehmlich an kalkreiche sowie mäßig feuchte bis feuchte Böden gebunden. *A. podagraria*, *L. maculatum* sowie *Ranunculus ficaria* an basenreiche (ebenda). *C. cava* und *R. ficaria* sind auch außerhalb von Laubmischmischwäldern vertreten und können im Geranio-Allietum mit dem am Standort vorgefundenen *Allium vineale* sogenannte Weinbergs-Beikrautgesellschaften ausbilden (Ellenberg, 1996: 895). Daher können diese Arten unter anderem Zeugen historischer Nutzungen sein.

Es wird angenommen, dass das vorgefundene Arteninventar ein Initialstadium der Ausprägung eines Fraxino-Aceretum ist, dessen standortgerechte Lerchensporn-Subassoziation corydaletosum noch die Differentialarten *Leucojum vernalis* und *Adoxa moschatellina* fehlen würde. Dieser oftmals nach Gradmann Anfang des 20. Jahrhunderts (vgl. Literaturverzeichnis in Müller *et al.*, 1992: 254) irreführend als Hangwald/ Schluchtwald/ Bergwald o.ä. bezeichnete Verband ist nicht zu verwechseln mit dem FFH LRT 9180 „Schlucht- und Hangmischwälder“, da das Fraxino-Aceretum in seinen Ausprägungen sowohl an freien exponierten oder beschatteten Hängen, Hangfüßen, Hangnischen und entlang von Rinnen der planaren bis collinen Regionen aber auch woanders vorkommen kann (Müller *et al.*, 1992: 185-189). Diese Wälder sind zudem und oft nur eine reine Baumartenkombination ohne Differentialarten oder weisen keine besonderen Arten auf und können nicht als fragmentarische oder verarmte Ausprägungen komplexerer Gesellschaften bezeichnet werden. Siehe hierfür auch Ellenberg (1996: 240-248) sowie Müller *et al.* (1992: 186). LRT 9180 unterscheidet sich davon. In seiner kühl-feuchten Ausprägung Linario-Aceretum muss er die Differentialarten *Actaea spicata*, *Helleborus viridis*, *Lunaria rediviva* und *Taxus baccata* oder in der xerothermen Ausprägung Tilio-Acerenion *Sesleria varia* in ausreichender Anzahl und natürlicher Verjüngung (!!!) aufweisen und ist zudem entweder auf natürlichen Gesteinsböden oder groben Kolluvien auszukartieren (European Commission, 2013a).

Der Bestand des Unterholzes in VJ1 weist Ähnlichkeiten mit dem Bestand der PF15 auf. Hier ist zudem *L. maculatum* als zusätzliche Kennart der Ordnung Glechometalia hederaceae R. Tx. in Brun-Hool et R. Tx 1975 (nitrophytische Staudenfluren, Saum- und Verlichtungsgesellschaften frischer und feuchter Standorte) der Klasse Artemisietea (Stickstoff-Krautfluren) vorzufinden. Vermutlich kann diese Krautschicht als Waldverlichtungsgesellschaft in den Verband Galio-Alliarion Lohmeyer et Oberd. in Oberd. et al 1967, aber ohne weitere soziologische Präzisierung, gestellt werden (Pott, 1992: 396-405). Diese in schattigen bis halbschattigen Lagen auftretende Saum- und Verlichtungsgesellschaft ist wärme- und trockenheitsertragend und vermittelt vielfach zu den halbruderalen Halbtrockenrasen Agropyretalia (ebenda).

Nach der Biotoptypenkartierung ist der Standort allgemein aktuell noch ein Robinienwald (Biotoptyp 08340), welcher als Begleitbiotop einen Ahorn-Eschenwald *in statu nascendi* aufweist (Biotoptyp 08150).

Zusammenfassung

Es wurden am Standort durch die Aufnahmen 2014 und 2018 66 Gefäßpflanzenarten auf insgesamt 7 Prüfflächen registriert.

Am Standort Fort Hahneberg wurden zu diesen Zeitpunkten 4 Gefäßpflanzen kartiert, die in Berlin auf der Roten Liste stehen. Die Sichtung von *Lamium maculatum* (gefleckte Taubnessel) ist unter Vorbehalt zu sehen, da diese laut RL Berlin seit 1983 als verschollen gilt. Die Kartierung von *Equisetum pratense* (Wiesen-Schachtelhalm) ist ebenso unter Vorbehalt zu betrachten, da diese laut Rote Liste Berlins nur im Schlosspark Charlottenburg ihren einzigen etablierten Berliner Bestand ausbildet. Ggf. ist dieser mit *E. arvense* verwechselt worden, welcher bereits durch Ißbrücker und Riesbeck (2007) häufig registriert wurde. 2006 wurde durch Ißbrücker und Riesbeck (2007) *Viola reichenbachiana* weitverbreitet festgestellt, im Frühjahr 2018 durch den Verfasser *Viola odorata*. Beide sind am Standort möglich.

13 Gefäßpflanzen der 66 aufgenommen Arten sind auf der Roten Liste Brandenburgs gelistet (Tabelle 9). Zwei der 66 Arten sind auf der Roten Liste Deutschland gelistet, *Armeria maritima* ssp. *elongata* sowie *Scabiosa canescens*, welche hier als gefährdet eingestuft werden. Letztere tritt hier am Standort als Charakterart und Vertreter zweier prioritärer FFH Lebensräume (LRT) auf: FFH LRT 6120 (subkontinentale) trockene, kalkreiche Sandrasen bzw. des LRT 6240 Subpannonische Steppen-Trockenrasen.

Die Ausprägung komplexer und gut ausgeprägter Gesellschaften auf einer Verbands- oder Assoziationsebene nach dem System Braun-Blanquet bzw. Oberdorfer, aber auch auf der LRT Ebene nach Anhang I der FFH Richtlinie konnte hier mit der zur Verfügung stehenden Literatur nicht festgestellt werden. Folgend dem Bewertungsschlüssel für Brandenburg (Landesamt für Umwelt, 2014a; 2014b) der LRT 6210 und 6240 sind diese nur dann als solche ausweisbar, wenn jeweils mindestens 2 kennzeichnende Arten vorhanden sind. Dies trifft für die kartierten Bestände nicht immer zu. Zusätzlich sollen typische Gräser, welche nicht vorgefunden wurden, für eine gute Ausprägung des LRT 6210 mindestens 25% Deckungsgrad aufweisen. Im Allgemeinen lässt sich daher schlussfolgern, dass beide LRT, falls zutreffend, tendenziell eine mittlere Ausprägung aufweisen, wobei jeweils immer mittlere bis starke Beeinträchtigungen vorliegen. Zudem nach den Kartierhinweisen für den LRT 6210 dieser nur auszuweisen, wenn er die Assoziation *Diantho deltoides-Armieretum elongatae* vorliegt. Hierfür gibt es im kartierten Arteninventar in allen Prüfflächen keine Anzeichen!

Tabelle 9: Auflistung der kartierten Rote Liste Arten (Gefäßpflanzen) am Standort Hahneberg 2014/2018

Name	Name	RL Berlin	RL BB	RL D	FFH	GS	V	Zielart 2017	Kommentar RL Berlin
<i>Anthyllis vulneraria</i>	Wundklee		3,2					!	meistens in Berlin aus Saatgutbestand
<i>Armeria maritima ssp. elongata</i>	Sand-Grasnelke		V	3		§		!!	
<i>Centaurea scabiosa</i>	Skabiosen-Flockenblume		V						meistens in Berlin aus Saatgutbestand
<i>Dianthus carthusianorum</i>	Karthäuser-Nelke		3			§		!!	meistens in Berlin aus Saatgutbestand
<i>Equisetum pratense</i>	Wiesen-Schachtelhalm	1	G						extrem selten, nur im Schlossgarten Charlottenburg
<i>Gagea lutea</i>	Wald-Gelbstern		V						
<i>Lamium maculatum</i>	Gefleckte Taubnessel	0							letzter Nachweis 1983
<i>Rumex acetosa</i>	Wiesen-Sauerampfer	V							
<i>Scabiosa canescens</i>	Graue Skabiose	1	2	3			!!	!!	
<i>Scilla bifolia</i>	Zweiblättriger Blaustern					§			
<i>Ulmus glabra</i>	Berg-Ulme		3						
<i>Ulmus laevis</i>	Flatter-Ulme		V						
<i>Viburnum opulus</i>	Gewöhnlicher Schneeball		V						

Die Offenlandstandorte sind in ihrer Ausprägung trotzdem als grundsätzlich xerotherm auszuordnen. Sie sind meist sonnenexponiert und oftmals gänzlich unbeschattet sowie durch vornehmlich sandige Texturen gekennzeichnet. In Einzelfällen können lehmige Substrate vorkommen. Folgend den Auswertungen der Zeigerwerte weisen die Offenlandstandort aber auch Basenzeiger auf ($R \geq 8$), obgleich die mittleren Werte aller Offenlandstandorte auf neutrale Standortverhältnisse deuten. Grundsätzlich zeigt das Arteninventar eine submediäre bis subkontinentale Ausprägung, was regionaltypisch ist und den synchorologischen Einteilungen nach Jäger (1968) in Dierschke (1994: 583) entspricht (Abb. A-8). Zugleich sind die Offenlandstandorte folgend der Zeigerwertauswertung als trocken einzuordnen, was nicht überrascht. Die Standorte sind durch Stickstoffarmut ($N \leq 3$) gekennzeichnet und als mesohemerob bezeichnbar. Örtliche Bestände sollten bei Bedarf durch die Mannigfaltigkeit bekannter Trocken- und Halbtrockenrasengesellschaften nochmal und regelmäßig einer gründlichen Inventur und Bewertung unterzogen werden, damit interannuelle Abundanzvariationen besser abgebildet werden können.

Die Standorte zeigen durch das Vorhandensein von Pionierpflanzen (z.B. *Corynephorus canescens* und *Anthyllis vulneraria*) ihr junges Alter an. Sukzessionsinvasoren wie *Calamagrostis epigejos*, *Elymus repens* oder *Rubus fruticosus* sind als ruderale Störer bzw. Einfluss des Waldrandes vielfach über die Prüfflächen hinaus anzutreffen, wobei zwischen den

Aufnahmezeitpunkten 2014 und 2018 ihr Flächenanteil und Dominanz zu Lasten anderer Gräser zugenommen hat. Verdeutlicht wird dies durch das Auftreten von *C. epigejos* auf den Prüfflächen 5 und 10 gegenüber dem Zustand von 2006.

Die durch Ißbrücker und Riesbeck (2007) angedeutete stattfindende sukzessive Umstrukturierung der Waldbestände konnte nach 10 Jahren nicht bestätigt werden. Anthropogen bedingt ist der vorgefundene Bestand Robinien dominiert und wird meistens durch das Chelidonio-Robinetum Jürko 1963 gebildet. Nur in Ausnahmefällen sind naturnahe Ausprägungen von Laubwäldern inklusive der entsprechenden Krautschicht vorhanden, oftmals als Fraxino-Aceretum (Müller *et al.*, 1992: 185-189).

Im Allgemeinen lässt sich zudem eine Florenangleichung am Standort gegenüber 2006 festhalten, welche sich nach den TWINSPAN-Auswertungen aller Relevées verdeutlicht (Tabelle 10). PF4 hat sich zwischen 2006 und 2014 verändert und ist nun soziologisch ähnlich den anderen Flächen. PF10 weist auf höheren Ebenen gegenüber den anderen Standorten einen Unterschied auf und ist trotz des unterschiedlichen Arteninventars zwischen 2006 und 2014 in sich ähnlich.

Relevée 12 bzw. PF VJ2 2018 ist in den neueren Aufnahmen eine Ausnahme und nach der TWINSPAN-Auswertung frühzeitig (Hierarchieebene 2) von den anderen Offenlandstandorten trennbar sowie auf höheren Ebenen persistent different.

Tabelle 10: Auswertungen der Ähnlichkeiten zwischen den Relevées (Aufnahmen) zwischen 2006, 2014 und 2018 nach dem TWINSPAN Algorithmus in JUICE (Tichý, 2002) (gleiche Farben innerhalb einer Hierarchieebene = kein Unterschied)

Name	PF15	PF15	PF15a	VJ1	PF4	PF4	PF5	PF5	PF5	PF10	PF10	VJ2
Jahr	2006	2018	2018	2018	2006	2014	2006	2014	2018	2006	2014	2018
Relevée	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Bezeichnung	PF15 2006	PF15 2018	PF15a 2018	VJ1 2018	PF4 2006	PF4 2014	PF5 2006	PF5 2014	PF5 2018	PF10 2006	PF10 2014	VJ2 2018
Hierarchieebene der Unterscheidung	1											
	2											
	3											
	4											
	5											
	6											

Nach den Auswertungen der beta-Diversitäten mittels JUICE (Tichý, 2002) verdeutlicht sich eine Verschiebung der Florenzusammensetzung. Alle nachkartierten Standorte unterscheiden

sich teilweise deutlich von den durch Ißbrücker und Riesbeck (2007) kartierten Zuständen in allen Indices. Vergleiche hierzu Tabelle C-5 des Anhangs C.

Es wird vorgeschlagen, kartierte Offenlandbestände nach der Biotoptypenkartierung Brandenburgs grundsätzlich in Sandtrockenrasen (Biotoptyp 5121) einzuordnen, ohne eine weitere Spezifizierung. Ggf. sind auf Basis dieser Annahme die Offenlandbereiche nochmalig zu bewerten, bei der eine flächendeckende Kartierung erfolgen sollte. Das Referenz- und Vergleichsinventar der umgebenden Flächen sollte dabei hinzugezogen werden, um etwaige Verflechtungen mit Ruderalfluren (Biotoptyp 3200) aufzudecken. Hierzu könnten bei Bedarf die Ergebnisse der Biotopkartierung Berlin von 2012 die u.a. Grundlage des Pflege und Entwicklungsplanes für das Fort und seine Umgebung sind, verwendet werden.

„Trocken- und Halbtrockenrasen sind einschließlich ihrer Vorstufen und unabhängig vom Grad ihrer Ruderalisierung gesetzlich geschützte Biotope nach § 26a NatSchGBln. Sie sind strengstens auf ein Pflegeregime mit ein- bis zweischüriger Mahd oder extensiver Beweidung mit Schafen und Ziegen angewiesen. Bei Aussetzen der Pflege setzt rasch die Verbuschung ein, die durch das Auftreten der Brombeere [...] in den Beständen bereits initialisiert wird.“ (Ißbrücker und Riesbeck, 2007). Daraus und aus den Aufnahmen der Folgejahre durch den Verfasser ergibt sich auch jetzt ein Pflegeauftrag für die Offenlandbereiche des Forts Hahnebergs, welche auch nach der Schutzgebietsverordnung von 2009 umzusetzen sind.

Die Waldflächen sind als grundsätzlich different von den Offenlandflächen zu bewerten (Tabelle 10). Die kartierten Waldbestände sind als artenarm im Unterholz einzustufen. Nur durch Lücken im Baumbestand können sich lichtbedürftige krautige Pflanzen etablieren. Die abiotischen Standortgradienten können hierbei unterschiedlich wirken. Die TWINSPAN-Auswertungen der Waldflächen lassen keine Unterscheidung zwischen den Aufnahmezeitpunkten erkennen. Die Auswertungen der beta-Diversitäten deuten dies aber an.

Die Trümmerfolgeart und Berliner Nachkriegsbaumart *R. pseudoacacia* dominiert am Standort noch nahezu alle Waldflächen. Eine gewisse Tendenz zur Durchmischung der Waldbestände mit einheimischen Laubbaumarten ist in Ansätzen erkennbar, wird aber ohne zusätzliches Eingreifen noch etwa 20 Jahre oder länger dauern. Die Ausbildung komplexer und natürlicher Waldgesellschaften hier am Standort wird nicht gesehen, da vorerst auch die Nährstoffakkumulation durch *R. pseudoacacia* die Standorte maßgeblich und nachhaltig beeinflusst, was sich u.a. durch die Ausprägung nitrophiler Kraut- und Strauchschichten aktuell manifestiert. Durch das Vorhandensein von schnellwüchsigen Ahorn-Arten, welche durch die

dichten Baumbestände aktuell noch stocken, wird es auch in den nächsten 10 bis 20 Jahren tendenziell zu einer Ausprägung ahorndominierter Laubmischwälder kommen, bei denen nur vereinzelt andere Arten durchragen. Vorhandener Waldbestand (Stadtwald!!!) des Forts hat in seiner derzeitigen Zusammensetzung im weiteren Umkreis im Stadtgebiet viele Pendants. So sind vor allem die Hangstandorte entlang des Berliner S-Bahn rings und anderer Hauptstrecken der Berliner S-Bahn ähnlich aufgebaut. Beispiele hier sind die Flächen entlang der Trassenführung Neukölln-Tempelhof, Pichelsberg-Heerstraße oder entlang der Trassenführung Landsberger Allee-Greifswalder Straße, hier v.a. im westlichen Bereich.

Tendenziell wird sich am Standort langfristig ein Ahorn-Eschen-Ulmenwald etablieren, der vermutlich soziologisch weiterhin schwer fassbar sein wird, wenn dabei auf das Vorhandensein vieler Charakterarten Wert gelegt wird. Besondere spezielle naturschutzrelevante Ausprägungen der Waldflächen sind am Standort grundsätzlich nicht zu erwarten, obgleich die Biotopkartierung von 2012 eine solche Fläche (Biotoptyp 08205) über der „Kapitalpoterne“ identifiziert hat, welche allerdings sowohl 2006 als auch 2014 und 2018 nicht erfasst wurde.

4.1.1.2 Fauna

Unterirdische Bauwerksstrukturen

Der Standort ist durch seine gut zugänglichen unterirdischen Strukturen und die doppelwandige Bauweise ein wichtiges Fledermausquartier für 11 Fledermausarten in der näheren Umgebung und ein Grund der Ausweisung als FFH Gebiet 2009. Das Fort ist dabei sowohl Winter- als auch Sommerquartier. Es erfolgte eine Ausweisung als Überwinterungshabitat 2010 durch die UNB des Bezirkes Spandau. Es finden zu unregelmäßigen Zeitpunkten durch die UNB Bestandszählungen statt. Durch die tagsüber stattfindenden Untersuchungen konnten keine Fledermausarten gesichtet werden.

Offenlandbiotope

Vor allem die südexponierten, sandunterlagerten, trockenen Offenland-Standorte sind prädestiniert für das Vorkommen von Eidechsenarten. Im April 2018 wurden vor Ort (PF4) ein adultes Tier sowie mindestens drei juvenile Individuen von *Podarcis muralis* gesichtet. Eine Sichtung dieser Art im Jahr 2014 fand nicht statt, obgleich es Hinweise darauf gab. Die Schutzgebietsverordnung von 2009 weist hier die Existenz von *Lacerta agilis* aus. Eine Fehlbestimmung durch die vielfältigen Phänotypen von *L. agilis* kann nicht ausgeschlossen

werden. Eine Artenbestimmung der hier während der Sommermonate reich ausgestatteten *Orthoptera*-Fauna wurde nicht durchgeführt. Ebenso sind südexponierte Standorte oftmals mit diversen *Hymenoptera*-Arten bevölkert, deren Bestimmungen ausblieben.

Waldbiotope

Die örtlichen Waldbiotope sind faunistisch artenarm. Es konnten bei den beiden Ortsbegehungen nur wenig örtliche Avifauna gesichtet werden, z.B. *Cyanistes caeruleus*.

Zusammenfassung

Das Fort und sein Außenbereich sind sowohl FFH- als auch Naturschutzgebiet. Die schutzgebietsrelevanten Tierarten wurden bei den Begehungen 2014 und 2018 bis auf eine Ausnahme auf den Trockenrasenstandorten nicht wahrgenommen, da der Fokus der Untersuchungen auf die Erfassung der Pflanzenbestände gelegt wurde. Offenland und Waldstandorte können aber Jagdgebiet der Fledermausarten sein.

4.1.2 Fort Sarbinowo

Allgemeines

Fort Sarbinowo basiert auf dem Schema eines mittleren (Biehler) Forts, errichtet zwischen 1883 und 1887, und sollte ursprünglich mit einer Kompanie und 24 Kanonen als Erweiterung der preußischen Festungsstadt Küstrin als detachiertes Fort dessen Nordostflanke schützen. Es ist als Teil eines Fort-Ensembles zu verstehen, welches mit den weiteren realisierten Fort Żabice (Zäpzig), Fort Czarnow (Tschernow) (beide PL) und Fort Gorgast (D) noch bauliches Zeugnis liefert (Museum Kostrzyn, 2015). Entstehungszeit und Grundriss ähneln dem Fort Hahneberg. Hier existiert allerdings eine echte Kapitalpoterne, die derzeit baulich instabil ist.

Das Fort liegt nordöstlich der heutigen Stadt Kostrzyn in einem Waldgebiet auf der nördlichen Anhöhe des Warthedeltas, dem Zusammenfluss von Warthe und Oder.

Das Fort erfuhr während aber auch nach der Fertigstellung vielfältige Umbauten und Erweiterungen, welche sowohl mit der Brisanzmunitionskrise aber auch mit der Deklassierung der Festung Küstrin 1886 verbunden sind. So sind teilweise Betonaufschüttungen auf den Gewölben vorzufinden. Grundsätzlich ist das Fort, u.a. durch Baumaterialentwendung, in Teilen einsturzgefährdet (ebenda). Im Gegensatz zur eigentlichen Festungsstadt Küstrin sind

hier während des zweiten Weltkrieges keine größeren Kriegsschäden, z.B. durch Artilleriebeschuss oder Bombenabwürfe vorzufinden. Kleinere Bomben- oder Granatenkrater sind bei näherer Betrachtung der LiDAR Aufnahmen sichtbar (Abbildung 6).



Abbildung 5: Fort Sarbinowo, Blick auf die linke Seite der Frontkaserne, Oktober 2017 © Junghans, 2017

Schutzstatus

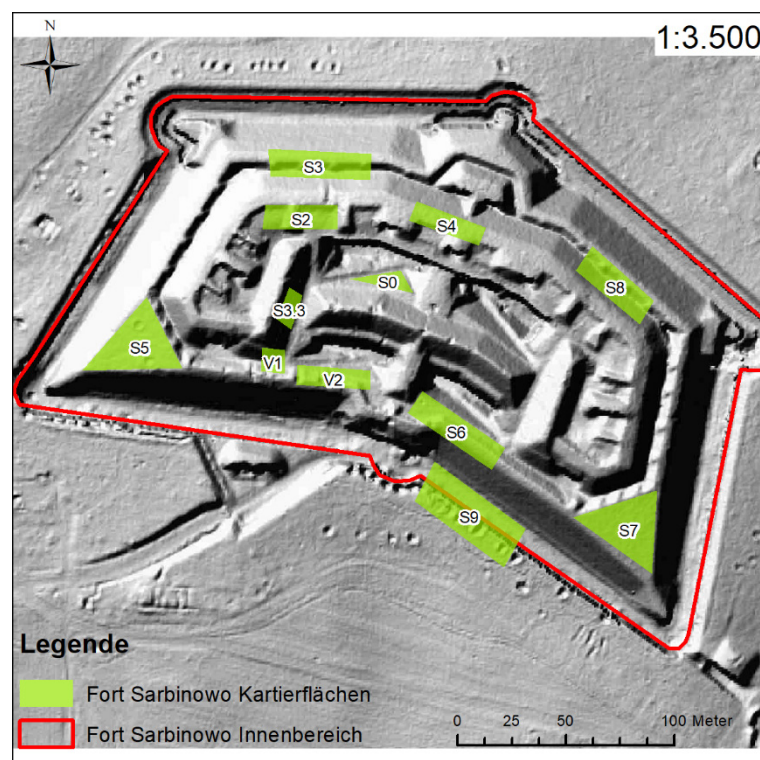
Fort Sarbinowo ist seit 2014 ein nationales polnisches Baudenkmal, Eigentümer ist die Stadt Kostrzyn. Es ist unter der polnischen INSPIRE-ID „PL.1.9.ZIPOZ.NID_N_08_BL.74526“ gelistet (Główny Urząd Geodezji i Kartografii, 2015).

Naturschutzflächen sind hier derzeit nicht ausgewiesen.

Klima

Das Fort Sarbinowo liegt im Übergangsbereich zwischen ozeanischem und sub-ozeanischem Klima (Abb. A-8). Die Jahresmitteltemperatur der zugehörigen WMO-Klimastation Manschnow (D) (CLIMAT ID 10396) betrug im Zeitraum 1961-1990 ca. 8,5°C. Die durchschnittliche Temperatur des kältesten Monats (Januar) betrug -1,2°C, die des wärmsten (Juli) 17,8°C. Der durchschnittliche Jahresniederschlag beträgt etwa 445mm, mit tendenziell höher ausfallenden Sommerniederschlägen (Abb. B-3).

Fort Sarbinowo ist dem Klimaraum Cfb (warm temperiert, humid, warme Sommer) nach der Köppen-Geiger Klassifikation zuzuordnen (Abb. A-6 und A-7).



Das Fort und seine Umgebung haben eine mittlere Geländehöhe von etwa 66m üNN. Maximale Höhenunterschiede innerhalb des Forts werden auf 10 bis 15m geschätzt. Die Sternberger Platte grenzt direkt an das südliche gelegene Warthe-Delta an (mittlere Höhe ca. 10m üNN).

Die Region ist in der Klassifikation nach FAO (2012) in die Ökozone *temperate oceanic forests* einzuordnen, grenzt aber zugleich an die südlich angrenzende kontinentale Zone. Der Standort befindet sich nach Dierssen (1990) in Dierschke (1994: 535) in der temperaten Florenzone (Abb. A-14), in der mitteleuropäischen Provinz und grenzt an den baltischen Vegetationsbezirk an (Abb. A-15). Der Standort befindet sich in der mitteleuropäischen Florenprovinz der süd-eurosibirischen Florenregion (Abb. A-16).

Der Kontinentalitätsindex (Ellenberg, 1996: 259) des Standortes beträgt 40,0.

4.1.2.1 Flora

Das Fort ist durchweg bewaldet. Das durchschnittliche Alter der Bäume wird auf ca. 60 bis 70 Jahre geschätzt, einzelne Altbäume können durchaus 100 Jahre alt sein. Nur in Einzelfällen sind lichtere Bereiche vorhanden, die aber einer starken Verbuschung v.a. durch *Prunus spinosa* durch Wurzelbrut oder diversen anderen Verjüngungen ausgesetzt sind. Der Baumbestand kann als generell als naturnah bezeichnet werden und ist laubholzdominiert. Der typische Festungsbaum *Robinia pseudoacacia* ist hier im Vergleich zum Fort Hahneberg (D) weniger dominant. Der Bestand weist neben Selbstverjüngungsstadien lokaler Baumpopulationen sich nicht selbstverjüngende Altbestände von Obstgehölzen auf, welche sukzessive und größtenteils dem Lichtdruck der aufkommenden Baumbestände unterliegen. Die lokale Wegestruktur wird größtenteils durch (illegale) Besucher offengehalten. Die Grabenvegetation ist unterwuchsarm und kann, abgesehen von der geringeren Artmächtigkeit von *R. pseudoacacia*, mit dem Bestand des Forts Hahnebergs verglichen werden. Im Fort Sarbinowo finden sich größere zusammenhängende *Pinus sylvestris* Bestände an der Schultergrabenwehr des rechten Spitzgrabens sowie innerhalb des Forts über dem zentralen Wehrgang.

Im weiteren Umfeld (1000m Puffer) des Forts befinden sich ausgedehnte *Fagus sylvatica* sowie *Pinus sylvestris* dominierte Wald-/ Forstgesellschaften. Letztere werden teilweise kahlschlagähnlich auf ca. 2 bis 5ha bewirtschaftet, wobei oftmals inselartig Altstrukturen verbleiben. Das Offenland im Südosten des Forts wird vermutlich extensiv mit ein- bis maximal zweischüriger Mahd bewirtschaftet und weist in Teilen hohen Verbuschungsdruck durch die

Waldstrukturen auf. Für exemplarische Fotografien der Kartierflächen siehe Abbildung G-3 im Anhang G.

Offenland-Biotope

Das Fort wies zu den Aufnahmezeitpunkten Herbst 2017/ Frühjahr 2018 keine Offenlandbiotope auf.

Waldbiotope

Allgemeines

Die kartierten Waldflächen (Abbildung 6) sind in ihrer Ausprägung und Zusammensetzung sehr unterschiedlich ausdifferenziert. Durch das vermutete Alter der Bestände von ca. 60 bis 70 Jahren finden sich in einigen Bereichen Reste der vermuteten nativen Offenlandgesellschaften, vor allem in den lichtereren und südexponierten Bereichen und Lagen. Verjüngungen sind größtenteils aus den dominierenden Baumarten *Acer pseudoplatanus* und *Acer platanoides* bestehend. Obige Aussagen decken sich mit den grundsätzlichen Aussagen der forstkundlichen Kartierungen von 2006 (Potyrała und Pardela, 2006). Vergleiche auch Abb. D-1 und D-2.

Durch die Reliefunterschiede innerhalb des Forts kann es vor allem in den beschatteten Bereichen und vor allem in den nordexponierten Bereichen zu einer Mikroklimaausprägung kommen, die feuchter, kühler und vor allen lichtärmer als restliche Bereiche sind. Hier finden sich deutlich waldbestimmte Artenzusammensetzungen wieder. Reste der vermuteten ehemaligen Offenlandgesellschaften sind hier nicht mehr vorkommend.

Durch die Frühjahrsbegehung 2018 konnten einzelne Waldgesellschaften besser beschrieben werden, als es durch die Aufnahme im Herbst 2017 möglich gewesen wäre.

Auch hier können im Folgenden nur grundsätzliche und tendenzielle Aussagen geliefert werden, da kartierte Bestände sowohl sehr kleinräumig als auch sehr jung und daher im Aufbau begriffen sind.

Probefläche VJ 2017-S0/ VJ 2018-S0

Die Krautschicht der Fläche wird durch einen flächendeckenden *Aegopodium podagraria* Bestand ausgebildet. Vereinzelt kommen andere Waldvertreter vor, *Aruncus dioicus* und

Pteridium aquilinum. Letzterer deutet die mögliche Entwicklung des Gesamtbestandes des Forts in Richtung eines sich ausdifferenzierenden Eichenmischwaldes an.

Grundsätzlich zeigt der Standort aktuell eine Ausprägung der Ordnung Fagetalia (sylvaticae) (Mesophytische, buchenwaldartige Laubwälder Europas), mit einer Tendenz zum Verband Tilio (platyphylis)-Acerion pseudoplatani (Edellaubbaum-Mischwälder, Linden-Ahorn-Wälder). Dagegen spricht die Abwesenheit der Verbandskennart *Tilia platyphyllos*.

Durch die Anwesenheit von *A. dioicus* könnte vermutet werden, dass die vorgefundenen Arten in die Assoziation Arunco-Aceretum anzusiedeln seien, wenn auch fragmentarisch und artenärmer ausgeprägt (Ellenberg, 1996: 247). Dies kann an der geringen Fläche von ca. 120m² liegen. Dieser Mischwald besiedelt „ausgesprochen nährstoffreiche, frische bis feuchte kolluviale Böden [...] wasserzügige Hänge [...] der submontanen bis montanen Stufe“ (Ellenberg, 1996: 241). Der Standort ist nordexponiert und beschattet und in seiner abiotischen Ausstattung mit der obigen Beschreibung vergleichbar (Mittlere Zeigerwerte F=5,3 & N=6,6 in der Herbstaufnahme). Zur genaueren Beschreibung der Eschen-Ahorn-Mischwälder siehe Ellenberg (1996: 240-248), die auf eine vergleichbare artenarme Vikariante der Assoziation in Mecklenburg-Vorpommern verweisen. Allerdings weisen Müller *et al.* (1992: 186) darauf hin, dass *A. dioicus* auch in anderen Gesellschaften vorkommt und deshalb kaum Kennart von Arunco-Aceretum Wäldern sein kann.

Nach der Biotopkartierung Brandenburgs ist der Bestand, trotz seiner soziologischen Nähe zum Adoxo-Aceretum (Etter 1947) Passarge 1959 (Biototyp 08150), in den Biototyp 08290 Naturnahe Laubwälder und Laub-Nadelmischwälder (WS) einzuordnen. Vergleiche hierzu auch die Beschreibung zur Komplexität des Adoxo-Aceretum (Etter 1947) Passarge 1959 in Müller *et al.* (1992: 191f) und Poppek (2012). Durch die klaren abiotischen Standortbedingungen kann der Hauptbiototyp mit dem Biotopuntertyp 08292 frischer und/oder reicher Standorte (WSR) charakterisiert werden.

Probefläche VJ 2017-S2/ VJ 2018-S2

Die Probefläche S2 (ca. 380m²) befindet sich auf der linken Oberwall-Banquette und wird durch die Brustwehr nach Norden und Nordwest hin abgegrenzt und beinhaltet zwei ehemalige Geschützstellungen, die in der LiDAR-Aufnahme sichtbar sind.

Der Baumbestand ist mittel bis dicht und die Bodenbedeckung durch Gräser und Kräuter lag in den Aufnahmen bei etwa 99%. Nur durch Trampelpfade waren Bereiche unbedeckt.

In der Krautschicht dominiert im Frühjahr *Agrimonia procera* und im Herbst *Holcus mollis*. Die Gesamtkonstellation der Krautschicht wird als ruderal geprägte Waldsaumgesellschaft charakterisiert, bei der sich hauptsächlich sowohl typische Waldvertreter (*Aruncus dioicus*, *Ranunculus ficaria*) der Ordnung Fagetalia als auch Vertreter walddnaher Staudenfluren und Gebüsche (*Campanula rapunculoides*, *A. procera*) der Ordnung Origanetalia vergesellschaften. *Trifolium pratense* und *Plantago major* werden hier als Reminiszenzen einer unbestimmten Offenlandgesellschaft bzw. ruderale Störer gewertet.

Das Vorkommen von *Pyrus pyraister* wird anthropogen bedingt begründet, das Vorkommen von *Vaccinium myrtillus* als natürlich bedingte zoochore Verjüngung aus den umliegenden Kiefernforstbeständen heraus. Letzteres wird auch als Ursache für die Existenz der Arten *Crataegus monogyna* und *Prunus avium* am Standort angenommen.

Der Baumbestand wird aus Kennarten der Ordnung Fagetalia bestimmt, bei denen eine Tendenz zum Verband Tilio (platyphyllos)-Acerion pseudoplatani (Edellaubbaum-Mischwälder, Linden-Ahorn-Wälder) besteht, bei dem jetzt erst *T. platyphyllos* aufwächst. Eine Stockung der Entwicklung durch die noch vitalen *P. sylvestris* Bestände ist nicht auszuschließen, obgleich nach den Zeigerwerten ein ausgeglichenes Säure-Basen-Verhältnis existiert ($R=6$). Da die Mehrzahl der 19 aufgenommenen Arten ein indifferentes Feuchteverhalten zeigt, ist die mittlere Feuchtzahl von 6,0 (Frischezeiger) unter Vorbehalt zu betrachten. Der Standort kann als mäßig stickstoffreich ($N=5,7$) bezeichnet werden, obgleich 2 Kennarten der Artemisietea (Stickstoff-Krautfluren) existieren.

Soziologisch ist der vorhandene Bestand grundsätzlich wie bereits angeführt in der Ordnung Fagetalia anzusiedeln. Eine Assoziationsebene ist nicht sicher zuordenbar, allenfalls ist zu den Aufnahmen ein (noch) undifferenzierter Verband Tilio-Acerion beschreibbar. Vergleiche hierzu Ellenberg (1996: 251f).

Nach der Biotopkartierung Brandenburgs ist der Bestand in den Biototyp 08290 Naturnahe Laubwälder und Laub-Nadelmischwälder (WS) einzuordnen. Ggf. kann dieser mit dem Biotopuntertyp 08292 frischer und/oder reicher Standorte (WSR) näher charakterisiert werden.

Probefläche VJ 2017-S3/ VJ 2018-S3

Probefläche S3 (Fläche ca. 580m²) befindet sich an der linken Brustwehriböschung.

Das Arteninventar vermittelt grundsätzlich zur nahen Kartierfläche S2, ist aber deutlich krautschichtärmer. Bezüglich der soziologischen Einordnungen und Biotoptypenzuordnungen werden die Aussagen der Kartierfläche S2 übernommen.

Probefläche VJ 2017-S3.3/ VJ 2018-S3.3

Probefläche S3.3 ist mit etwa 120m² Fläche ostexponiert und weist eine geschätzte Hangneigung von 20 bis 25° auf. Sie grenzt direkt an den Hauptweg durch das Fort.

In der Strauchschicht dominiert *Crataegus monogyna*, welcher mit *Malus sylvestris* durchsetzt ist. In der Krautschicht dominiert *Holcus mollis*, welches am Standort sowohl mit *Geum urbanum*, als einer Kennart frischer Waldstandorte, als auch *Euphorbia cyparissias*, einer Kennart xerothermer Trocken- und Halbtrockenrasen (Festuco-Brometea), vergesellschaftet ist. Zugleich tritt mit *Artemisia campestris* ein Vertreter Sedo-Scleranthetea (Sand- und Felsgrus-Trockenrasen) auf. Beide letztere Arten werden als Fragmente ehemaliger Offenlandstandorte gewertet, die sich trotz der extensiven Mahd der Fläche voraussichtlich am Standort nicht länger halten werden können.

Soziologisch ist das Arteninventar durch die hohe Abundanz von *C. monogyna* in die Ordnung *Prunetalia spinosae* (Hecken und Gebüsch) einzuordnen und vermittelt als Begleitgesellschaft zur Klasse der Laubmischwälder *Quercus-Fagetea*. Weitere Vertreter dieser finden sich im Arteninventar wieder. Durch das Vorkommen von *Carpinus betulus* kann die Ordnung in den Verband *Carpino-Prunion* (R. Tx. 1952) Weber 1974 gestellt werden, dessen einzige Assoziation *Cratago-Prunetum* Hueck 1931 für den Standort mit seiner *C. monogyna* Dominanz prinzipiell akzeptiert werden kann, denn „Im Vegetationskomplex mit *Mesobromion*-Gesellschaften in Landschaften potentieller Kalkbuchenwälder treten die *Crataegus* und *Rosa*-Arten vermehrt hinzu“ (Pott, 1992: 483f).

Nach der Biotopkartierung Brandenburgs ist der Bestand in den Biotoptyp 07103 Laubgebüsch trockener und sommerwarmer Standorte (BLT) einzuordnen. Dieser ist mit dem Untertyp 071031 überwiegend heimische Arten (BLTH) präzisierbar.

Probefläche VJ 2017-S4/ VJ 2018-S4

Probefläche S4 (ca. 320m²) befindet sich direkt über der Kapitalpoterne des Forts.

Die Fläche ist vergleichsweise licht, so dass *Holcus mollis* im Herbst 2017 zu 99% die Krautschicht dominieren konnte. In der Fläche treten abweichend von den Flächen S2 und S3 *Fraxinus excelsior*, *Quercus robur* und *Prunus domestica* auf. Letzterer wird als ehemalige Anpflanzung verstanden, *F. excelsior* und *Q. robur* als Tendenz zum natürlichen Waldumbau.

Soziologisch ist der Bestand ähnlich zur Fläche S2, deren Aussagen für die Probefläche S4 übernommen werden.

Die Zuordnung zu einem Biotoptyp erfolgt analog zu Fläche S2.

Probefläche VJ 2017-S5/ VJ 2018-S5

Probefläche S5 (770m²) befindet sich auf dem Oberwall am Schnittpunkt zwischen den linken Kehl- und Flankengraben.

Der Baumbestand wird von *Carpinus betulus* und *Pinus sylvestris* dominiert. Erstere ist zusammen mit *Acer pseudoplatanus* selbstverjüngend, jeweils mit etwa gleich großen Anteilen unterschiedlicher Altersklassen. *Robinia pseudoacacia* stockt hier aktuell, da die Probefläche einen hohen und dichten Bestand ausbildet. Die Herbstaufnahme war daher, bis auf ein Einzelexemplar von *Pteridium aquilinum*, krautschichtfrei. Im Frühjahr 2018 wurden vor Ort mit *Viola odorata*, *Galium aparine* und *Urtica dioica* Kennarten der Klasse Artemisietea vorgefunden, die insgesamt auf einen nährstoffreichen Standort hindeuten (N=6,9). Mit *Agrimonia procera*, *Fragaria vesca* und *Myosotis sylvatica* waren gleichzeitig Vertreter Waldnaher Staudenfluren und Gebüsche vertreten, mit einer Tendenz zu den Epilobietea (*angustifolii*) (Schlagfluren und Vorwald-Gehölze (Stauden-Gebüsch)). *Adoxa moschatellina* tritt am Standort als Kennart der Klasse Querco-Fagetea auf.

Es wird vorgeschlagen, das Arteninventar grundsätzlich in die Ordnung Fagetalia einzuordnen. Eine weitere Differenzierung erscheint nicht zwingend angebracht. Durch die hohe Abundanz und Vitalität von *C. betulus* am Standort deutet sich allenfalls der Verband Carpinion-betuli an (Pott, 1992: 555f), welcher in Polen in verschiedenen Ausprägungen weit verbreitet ist (Matuszkiewicz und Matuszkiewicz, 1985). Aufgrund der Existenz von *P. aquilinum* als Trennart könnte der Bestand als Rumpfgesellschaft der Subassoziation Stellario-Carpinetum

deschampsietosum beschrieben werden. Andererseits aber auch durch die Existenz von *A. moschatellina*, *A. pseudoplatanus*, *B. pendula*, *F. vesca*, *Sorbus aucuparia* und *U. dioica* als eine nördliche (fragmentarische) trennartenfreie Oder-Warthe Rasse Ausprägung des Galio-Carpinetum Oberd. 1957 (ebenda). Letztere Zuordnung wird durch die abiotischen Bedingungen vor Ort bevorzugt. Eine Zuordnung zum Adoxo-Fraxinetum ist abzulehnen.

Die Zuordnung zu einem Biotoptyp erfolgt analog zu Fläche S2.

Probefläche VJ 2017-S6/ VJ 2018-S6

Probefläche S6 (ca. 550m²) liegt an/ auf dem Oberwall des rechten Kehlgrabens.

Im Vergleich mit anderen Waldflächen befindet sich hier ein lichter Laubwaldbestand, der allerdings nahezu krautfrei ist. Besonderheit ist hier das Vorkommen von *Bromus ramosus* als Vertreter walddnaher Staudenfluren und Gebüsche, Charakterart des Verbandes Atropion (vgl. Pott, 1992: 426). *Populus tremula*, geschätztes Alter ca. 40 Jahre, findet sich als Reihenpflanzung auf dem Oberwall wieder. Der Standort ist folgend den Zeigerwerten mäßig stickstoffreich, frisch und weist ausgeglichene Basenverhältnisse auf. *Pinus sylvestris* findet sich in ähnlicher Artenanzahl wie *P. tremulus* wieder. *Fraxinus excelsior* bildet gut wüchsige Bestände relativ jungen Alters (<50 Jahre) aus, ebenso *Betula pendula*. Es finden sich nennenswerte, gut wüchsige Verjüngungen von *Acer* Arten verschiedenen Alters wieder.

Soziologisch ist das Arteninventar in die Ordnung Fagetalia einzuordnen. Eine weitere Präzisierung muss ausbleiben, da die Frühjahrsbegehung keine neuen Arten hervorbrachte.

Die Zuordnung zu einem Biotoptyp erfolgt analog zu Fläche S2.

Probefläche VJ 2017-S7/ VJ 2018-S7

Probefläche S5 (730m²) befindet sich auf dem Oberwall am Schnittpunkt zwischen rechtem Kehl- und Flankengraben.

Der Baumbestand ist vor Ort sehr dicht bei lückenlosem Kronenschluss. *Acer campestre* tritt hier vergesellschaftet mit *Carpinus betulus* auf, wobei *Acer platanoides*, *A. pseudoplatanus* und *Fraxinus excelsior* in dieser Reihenfolge etwa 75% des Baumbestandes dominieren.

In der Krautschicht fanden sich im Frühjahr mit *Adoxa moschatellina*, *Geum urbanum* und *Hedera helix* Vertreter der Querco-Fagetea wieder. *Geranium robertianum*, Kennart im Verband

Alliarion, trat im Frühjahr ebenso auf. Dieser ist u.a. auch in Braunmull-Buchenwäldern vorzufinden (Ellenberg, 1996: 190f), aber auch typische Festungsart in verschiedenen Biotoptypen (eigene Untersuchungen). Im Herbst war die Fläche krautfrei.

Soziologisch ist der Bestand schwer zu fassen. Eine Zuordnung verbleibt daher in der Ordnung Fagetalia, auch wenn die Kennart *Fagus sylvatica* fehlt. Eine Zuordnung zum FFH LRT Typ 9180 ist aufgrund der Kleinräumigkeit und grundsätzlich unpassenden abiotischen Bedingungen abzulehnen. Allenfalls finden sich angedeutete Analogien zu ruderal beeinflussten Ahorn-Parkwäldern (Passarge, 1990), die ihr natürliches Pendant in Ahorn-Schatthangwäldern haben (Hettwer, 1999).

Die Zuordnung zu einem Biotoptyp erfolgt analog zu Fläche S2.

Probefläche VJ 2017-S8/ VJ 2018-S8

Probefläche S8 (490m²) befindet sich auf dem rechten Oberwall der rechten Spitzgrabens und touchiert die Brustwehr des Spitzgrabens.

Der Artenbestand ist bis auf geringe Artmächtigkeiten von *Pteridium aquilinum* kraut- und strauchfrei. Die Baumschicht wird von *Pinus sylvestris* dominiert. Dazu gesellen sich weitere Laubgehölze aus der Ordnung Fagetalia.

Soziologisch ist der Bestand nicht näher beschreibbar, da Kenn- und Trennarten fehlen. Zudem findet sich ein hoher Kieferndeckungsgrad (Bestandsalter ca. 70-80 Jahre), der vermutlich forstlich bedingt ist.

Die Zuordnung zu einem Biotoptyp zu einem Adlerfarn-Nadelholzforst mit mehreren Laubholzarten als Nebenbaumarten (10-30%) in etwa gleichen Anteilen (Biotoptyp 0868x931).

Probefläche VJ 2017-S9/ VJ 2018-S9

Probefläche S9 (ca. 1000m²) befindet sich im rechten Kehlgraben und läuft über die Contreescarpemauer noch etwa 5m auf die Glacis hinaus.

Der Kronenschluss beträgt etwa 90%, die Strauchschicht bedeckt ca. 30% und die Krautschicht im Herbst 2017 etwa 60% der kartierten Fläche. Die Verjüngung wird von *A. platanooides* und *A. pseudoplatanus* etwa gleich großen Anteilen aufgebaut. *Ulmus glabra* verjüngt sich ebenso,

allerding weniger dominant. In der Baumschicht sind neben *R. pseudoacacia* noch 6 weitere Laubbaumarten zu finden, von denen *Fraxinus excelsior* den Bestand zu etwa 50% dominiert.

Geranium robertianum ist stetig in beiden Aufnahmezeitpunkten, ebenso *Urtica dioica*. Im Frühjahr traten *Adoxa moschatellina*, *Galium aparine*, *Geum urbanum* auf, *Pteridium aquilinum* erwartungsgemäß nur im Herbst.

Soziologische und abiotische Nähe besteht zur Artenzusammensetzung der nahen Probefläche S7, wobei *F. excelsior* hier anstelle von *Acer campestre* auftritt. Vorhanden Baumarten sind vornehmlich in das Tilio-Acerion einzuordnen. Folgend den Ausführungen der Probefläche S7 wird der Bestand als ruderal bedingter Ahorn-Parkwald (Passarge, 1990) bezeichnet, der Ähnlichkeiten zu Ahorn-Schatthangwäldern (Hettwer, 1999) aufweist.

Die Zuordnung zu einem Biotoptyp erfolgt analog zu Fläche S2.

Probefläche VJ 2017-V1/ VJ 2018-V1

Probefläche V1 (ca. 120m²) befindet sich im linken Innenbereich am Kreuzungspunkt des umlaufenden Weges und des Weges zur Spitzgrabenwehr.

Die Fläche wird von Verjüngungen von *Acer platanoides* jungen Alters (<5 Jahre) dominiert. Hinzu gesellen sich *Allium vineale*, *Galium aparine*, *Geranium robertianum*, *Rumex acetosa* und *Viola odorata*, wobei *G. robertianum* auch im Herbst 2017 vorzufinden war.

Der Standort hat durch die Krautschichtausprägung Tendenzen zum Verband Alliarion (Nitrophile Säume halbschattiger. bis schattiger Standorte). Eine weitere soziologische Zuordnung bleibt aus.

Probefläche V1 ist dem Biotoptyp 05142 Staudenfluren (Säume) frischer, nährstoffreicher Standorte zuzuordnen. Eine weitere Präzisierung erscheint aufgrund der geringen Fläche nicht ratsam.

Zusammenfassung

Offenlandstandorte sind am Standort nicht mehr existent, würden aber tendenziell in die Klasse der Sedo-Scleranthetea (Sand- und Felsgrus-Trockenrasen) gehören, da der Kontinentalitätsindex des Standortes bei 40 liegt. Eine Existenz von Mesobromion Gesellschaften auch im erweiterten Umfeld ist aber deshalb nicht gänzlich auszuschließen.

Vorhandene Waldgesellschaften sind durch forstliche Aktivitäten gekennzeichnet und noch im Umbau begriffen. Tendenziell ist als Schlussgesellschaft für den Standort ein Hainbuchenwald in der Ausprägung *Stellario-Carpinetum* und der Subassoziation *Galio-Carpinetum corydaletosum* zu erwarten (Matuszkiewicz und Matuszkiewicz, 1985). Aktuelle Bestände deuten ein großflächig ausgeprägtes *Fraxino-Aceretum* an, das nicht gleichzusetzen ist mit Hang- oder Schluchtwäldern der collinen und montanen (orealen) Zonen (Müller *et al.*, 1992: 185-189), wie oft irreführenderweise vorgenommen. Lokale Reliefunterschiede differenzieren den Waldbestand nochmal, so dass auch andere soziologische Ausprägungen durchaus realistisch sind. Aktuell sind vor Ort Analogien zu beschriebenen ruderal bedingten Ahorn-Parkwäldern (Passarge, 1990) vorhanden, die als atypische, azonale und vor allem ruderale Ausprägungen des *Fraxino-Aceretum typicum* interpretiert werden.

Wie in den TWINSPAN Auswertungen (Anhang C Tabelle C-43) der kartierten Bestände deutlich wird, sind die Probeflächen S2, S3.3. und S4 soziologisch ähnlich aufgebaut (weiter als Gruppe Z1 bezeichnet). Alle weiteren Flächen können in eine zweite grobe Gruppe Z2 eingeordnet werden.

Innerhalb der Gruppe Z1 ist die Probefläche S3.3, auf der Hierarchieebene 2 von den anderen zu unterscheiden, unabhängig von den für TWINSPAN relevanten *pseudoespecies cut levels*. Gruppe Z2 lässt sich je nach *cut level* unterschiedlich ausdifferenzieren. Auf der zweiten Hierarchieebene ist allen verwendeten Einstellungen des *cut level* gemeinsam, dass die Flächen S9 und S5 in eine Gruppe gestellt (Z2.1) werden. Dazu gesellt sich stetig die Frühjahrsaufnahme der Fläche S7. Fläche V1 kann in drei von vier Fällen der Gruppe ebenso zugeordnet werden.

Probeflächen S3 und S8 sind ebenso zueinander ähnlich und werden deshalb in 3 von vier Fällen bereits auf Ebene 3 separiert. Auf Ebene 4 sind diese dann im übrigen Fall ähnlich. Probeflächen S0 und S6 sind ebenso ähnlich und werden auch auf den höchsten Ebenen nicht getrennt.

Schlussfolgerung der TWINSPAN Auswertungen ist, dass ein Teil der Probeflächen als *Holcus mollis* Gruppe (*fidelity* 100%) von Waldverlichtung (Gruppe Z1) interpretiert werden kann, bei hoher Stetigkeit von *F. excelsior* in der Verjüngungsschicht. Für die übrigen „echten“ Waldstandorte (16 Relevés, Gruppe Z2) sind in jedem Fall 2 unterschiedliche Typen herauszustellen, eine baumartendominierte krautarme *Acer–Aegopodium* Gruppe und eine krautreiche *Robinia* Gruppe. Letztere ist gekennzeichnet durch *Adoxa moschatellina*, *Myosotis sylvatica* und *Urtica dioica*, die alle auch bei unterschiedlichen *cut level* jeweils gleich große

Gesellschaftstreue haben. Je nach TWINSPAN Einstellung gesellt sich hier *Geranium robertianum* mit hoher Gesellschaftstreue hinzu. Diese wird als (nitrophile) *Robinia-Adoxa* Gruppe bezeichnet. Eine weitere Unterteilung erscheint nicht zwingend notwendig. Exemplarisch sei auf die synoptische Tabelle C-44 im Anhang C verwiesen.

Am Standort wurden keine Gefäßpflanzen vorgefunden, die in Polen auf den Roten Listen nach Zarzycki und Szelać (2006) oder Kaźmierczakowa *et al.* (2016) stehen.

4.1.2.2 Fauna

Grundsätzlich ist das Fort durch seine Sekundärwaldstrukturen jungen Alters noch relativ artenarm. Lokale Avi- oder Wirbellosenfauna wurde nicht systematisch untersucht.

Unterirdische Bauwerksstrukturen

Das Fort mit seinen unterirdischen Strukturen ist Winterquartier für *Microchiroptera*-Arten (EUROBATS, 2002; salamandra, 2012). Bei den Ortsbegehungen wurden diesbezüglich keine Hinweise gefunden.

Offenland-Biotope

Das Fort weist keine Offenlandbiotope auf.

Waldbiotope

Es sind Zufallssichtungen der Avifauna von *Picus viridis*, *Turdus merula*, *Parus major* zu verzeichnen. Gesichtete Invertebratenvertreter vor Ort sind *Formica rufa*, *Helix pomatia* sowie ein Vertreter der Ordnung *Ixodida*. Aus der Klasse der Reptilien ist ein Vertreter der Unterordnung *Serpentes* im Unterholz der Probefläche S7 registriert worden. Es wird vermutet, dass es sich hierbei um ein Exemplar der Art *Coronella austriaca* handelt. Diese wäre nach Anhang IV FFH-RL streng zu schützen (*need of strict protection*), da von gemeinschaftlichem Interesse (*community interest*). In Polen ist diese Art als gefährdet (VU = *vulnerable*) eingestuft (Głowaciński, 2002)

Zusammenfassung

Durch die unsystematische faunistische Untersuchung erscheint der Standort artenarm. Es ist nicht auszuschließen, dass weit mehr Arten am Standort vorhanden sind, von denen u.U. weitere

national oder übergeordnet naturschutzrelevant sind. Es wird auf die Nähe des NATURA2000 Gebietes *Nietoperek* (EEA, 2017) hingewiesen, einem wichtigen Winterquartier für diverse *Microchiroptera*-Arten im westlichen Polen. Das Vorhandensein der *Serpentes*-Art *Coronella austriaca* ist zu überprüfen und ggf. sind geeignete Schutzmaßnahmen zu ergreifen.

4.1.3 Festung Wrocław

Allgemeines

Nachdem 1807 die ursprüngliche preußische Stadtfestung Breslau als Folge der Napoleonischen Kriege entfestigt wurde, kam 1889 der Auftrag zur erneuten Befestigung. Die neue preußische Festung Breslau wurde als Gürtelfestung, oder auch Großfestung, ausgeführt, bei der auf großflächige Artillerieforts verzichtet wurde. Dies war auch der neuen aufkommenden Explosivmunition geschuldet. An Stelle dieser wurden befestigte Infanteriestützpunkte verschiedener Größen errichtet, die selten mehr als 0,5ha Grundfläche hatten. Daneben sollte Feldschanzen als Artilleriestützpunkte dienen. Bis zur erneuten Erklärung Breslaus zur preußischen Festung 1910 wurden beidseitig der Oder mehrere Dutzend derartige Infanteriestellungen um die Stadt herum errichtet. Danach folgten bis 1915 weitere Befestigungsmaßnahmen der Stadt, so z.B. die Errichtung von 14 Stauwehren zwischen 1913 und 1915, die im Belagerungsfall die Flutung der Oderaue herbeiführen sollten. Dazu kamen weitere komplexe wasserbauliche großflächige Arbeiten (Rolf, 2000: 145-149; Pardela, pers. Komm.). Im Zuge der neuen Befestigungen wurden einzelne späte Infanterieforts gänzlich in Betonbauweise ausgeführt. Teilweise wurden bereits aus Ziegelmauerwerk errichtete Forts mit aufliegenden Betonplatten verstärkt oder waren bereits in der Planung derart vorgesehen, um einen gewissen Bombenschutz für die Infanterie zu gewährleisten. Auch wurden nachträglich in späten Bauphasen Betonfassaden als Splitterschutz errichtet (Pardela, pers. Komm.).

Die Festung Wrocław ist in Mitteleuropa als eine der letzten errichteten neuzeitlichen Festungen zu begreifen, die zudem durch die Abwesenheit klassischer Artillerieforts gekennzeichnet ist. Die Festung wurde nach dem Ende des ersten Weltkrieges nicht geschleift und wurde während der Spätphase des zweiten Weltkrieges als solche wieder kurzzeitig und erfolglos verwendet. Vergleiche hierzu auch die Monographie von Pardela und Kolouszek (2017). Zusätzlich sei auf den aktuell noch im Druck deutschsprachigen befindlichen Aufsatz von Ł. Pardela im Verlag der Deutschen Festungsforschung verwiesen.



Abbildung 7: größeres Infanteriefort der Festung Wroclaw (Infanterieraum 20), Juli 2014, © Junghans, 2014

Schutzstatus

Aktuell sind einige Objekte als Baudenkmäler gelistet. Andere weichen der aktuell stattfindenden Stadterweiterung oder werden in Bebauungspläne integriert (Pardela, pers. Komm.).

Klima

Wrocław liegt im Übergangsbereich zwischen ozeanischem und sub-ozeanischem Klima (Abb. A-8). Die Jahresmitteltemperatur der zugehörigen WMO-Klimastation Wrocław (PL) (CLIMAT ID 12425) betrug im Zeitraum 1961-1990 ca. 8,3°C. Die durchschnittliche Temperatur des kältesten Monats (Januar) betrug -2,0°C, die des wärmsten (Juli) 18,0°C. Der durchschnittliche Jahresniederschlag beträgt etwa 609mm, mit höher ausfallenden Sommerniederschlägen (Abb. B-4).

Wrocław ist dem Klimaraum Cfb (warm temperiert, humid, warme Sommer) nach der Köppen-Geiger Klassifikation zuzuordnen (Abb. A-6 und A-7).

Geographie und biogeographische Einordnung

Wrocław liegt in der Makroregion der schlesischen Tiefebene (*Nizina Śląska*) beiderseits der Oder im saaleeiszeitlichen Breslau-Magdeburger-Urstromtal und ist der kontinentalen biogeographischen Region (Abb. A-9) zuzuordnen. Nach der *FAO eco zones* Klassifikation befindet sich Wrocław bereits in der temperierten kontinentalen Waldzone (Abb. A-10). Wrocław liegt zudem in der temperaten Florenzone Europas (Abb. A-14) in der mitteleuropäischen Vegetationsprovinz (Abb. A-15 und A-16).

4.1.3.1 Flora

Im Sommer 2014 wurden Kartierungen von 10 Infanterieforts unterschiedlicher Größe der Festung Wrocław durchgeführt. Diese befinden sich außerhalb des eigentlichen Stadtgebietes, teilweise von ackerbaulich genutzten Flächen umgeben. Zusätzlich wurde ein Standort innerhalb der Stadt gewählt, *Brama Cegliarska* (W-010). Bei diesem handelt es sich um einen der wenigen sichtbaren Reste der alten Stadtfestung Wrocław (vor der napoleonischen Schleifung). Des Weiteren kommt ein Standort hinzu, bei dem die historischen Ursprünge nicht gänzlich klar wurden (W-008). Dieser befindet sich im Waldgebiet des *Las Rakowiecki*. Vermutlich handelt es sich aber um reine ehemalige Flak-Stellungen des 2.ten Weltkrieges. Für exemplarische Fotografien der Kartierflächen siehe Abbildungen G-4 bis G-6 im Anhang G.

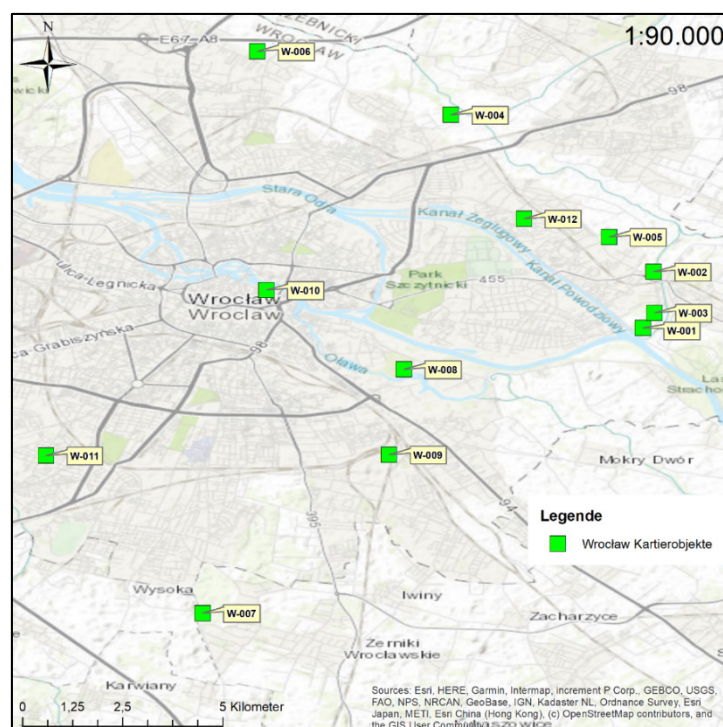


Abbildung 8: Kartierte Forts der Festung Wrocław

Offenland-Biotope

Die Offenlandbiotope zeigen den Einfluss von Wirtschaftsgrünland sowie eine unterschiedlich ausgeprägten Ruderalität, so dass das verbindende Element *Arrhenatherum elatius* durch seine hohe Stetigkeit (*fidelity* 61,8) als Namensgeber der ersten Hierarchieebene der TWINSPAN Auswertungen gewählt wurde (Gruppengröße 12). Je nach Feuchtegradient lassen sich weitere Standorte herausstellen: eine *Phragmites australis* (*fidelity* 100) dominierte Gruppe (2 Standorte) und eine Gruppe trockenerer Standorte, die *Achillea–Artemisia* Gruppe der Hierarchieebene 2 in allen gewählten TWINSPAN Einstellungen. Letztere lässt sich in den TWINSPAN Einstellungen unterschiedlich ausdifferenzieren. In der favorisierten Einstellung 4 unterteilt sich diese nochmal in eine *Erigeron acris–Festuca ovina* Gruppe und eine *Achillea–Solidago* Gruppe. Letztere (5 Standorte) hat eine hohe Stetigkeit von *Cirsium arvense*, *Silene vulgaris*, *Achillea millefolium* und *Solidago canadensis* (alle *fidelity* 71,8). *A. elatius* hat hier mit *Artemisia vulgaris* eine Stetigkeit von 60,4. Diese Gruppe lässt sich nochmals unterteilen: eine *Equisetum arvense–A. millefolium* Gruppe stark anthropogen beeinflusster Offenland-Standorte und eine verbuschte halboffene Gruppe (2 Standorte) mit verschiedenen *Prunus*-Arten. Eine exakte Übersicht ist in Tabelle C-64 des Anhangs C zu finden.

In den anderen getesteten TWINSPAN Auswertungen kommt es zu anderen Ausdifferenzierungen auf unteren Hierarchieebenen (Tabelle C-63).

Die obige beschriebene *Phragmites* Gruppe, v.a. die Aufnahme W-002a aus dem Deichvorland des Infanterieforts, ist als Molinio-Arrhenatheretea (Mähwiesen und Weidegesellschaft) zu klassifizieren, bei dem *P. australis* und *Eleocharis palustris*, auf feuchte bis temporäre nasse Standortbedingungen hinweisen. Dieses Relevee steht im Kontrast zur Kartierung des eigentlichen Forts (Aufnahme W-002), bei dem nur *Alopecurus geniculatus* als alleiniger Vertreter frischer Standorte auftritt und die Klasse durch das Vorhandensein typischer Vertreter nur angedeutet wird.

Die *Erigeron acris–Festuca ovina* Gruppe wird gekennzeichnet durch Klassen-Vertreter der Molinio-Arrhenatheretea (7 Arten) und Artemisietea (4 Arten) und Agrostietea stoloniferae (4 Arten). Durch hohe Stetigkeit von *Erigeron acris* (*fidelity* 78,9) als Charakterart des Mesobromion (Kalk-Halbtrockenrasen (magere Wiesen, Weiden)) wird auf die zumindest temporären thermophilen Bedingungen des Standortes der Gruppe hingewiesen, welche u.a. durch *Corynephorus canescens* als Vertreter auf dem gleichen Standort (W-005a) besonders deutlich wird. Die mittleren Feuchte-Zeigerwerte der 3 Standorte sind 5,0 oder weniger, die

mittleren N-Zahlen 4,4 bis 5,4. Der Standort W-010 (*Brama Cegliarska*) ähnelt in seiner Artenzusammensetzung den stärker ruderal beeinflussten Trocken- und Halbtrockenstandorten des Offenlandes im Fort Hahneberg (D).

Die *Equisetum arvense*–*A. millefolium* Gruppe ist gegenüber der *Erigeron acris*–*Festuca ovina* Gruppe v.a. durch höhere Stickstoffzeigerwerte gekennzeichnet (5,6–6,2), sowie durch leicht höhere und engere F-Zahlen (4,8–5,2). Neben 7 Charakterarten der Molinio-Arrhenatheretea (Mähwiesen und Weidegesellschaften) kommen 6 Charakterarten der Artemisietea (Stickstoff-Krautfluren) in dieser Gruppe vor. 3 Vertreter der Chenopodietea (Hackunkraut- und Ruderalgesellschaft) (*Geranium rotundifolium*, *Sisymbrium officinale* und *Tripleurospermum perforatum*) verdeutlichen den stärkeren ruderalen Einfluss auf diesen Standorten, obgleich mit *Armeria maritima ssp. elongata* am Standort W-005c auch ein Vertreter der Festuco-Brometea (Trocken-, Halbtrockenrasen, basiphile Magerrasen) auftritt.

Die *Prunus* Gruppe, mit den Gattungsvertretern *Prunus spinosa*, *Prunus cerasus* agg. und *Prunus avium*, wird zusätzlich von Vertretern der Klasse Artemisietea gekennzeichnet (4 Arten). Die Stetigkeit von *Sambucus nigra* und *Urtica dioica* in beiden Relevés weist auf grundsätzliche nitrophile Standortbedingungen hin.

Aufgrund der starken ruderalen Einflüsse und teilweise extremen abiotischen Standortbedingungen einzelner Forts sind exakte soziologisch eindeutige Zuordnungen der einzelnen Aufnahmen nicht begründbar. Es muss daher bei einer Klassenähnlichkeit von zusammengefassten Relevés der Offenlandstandorte bleiben. Vorgefundene Standorte werden bis auf die *Phragmites* Gruppe (undifferenzierte Molinio-Arrhenatheretea) in die hier nicht näher ausdifferenzierbare Klasse der Artemisietea eingeordnet.

Folgend der Ausarbeitungen sind obige Gruppen und Aufnahmen in die Biotoptypen ruderale Wiese (05113-GMR) bzw. Staudenfluren und Säume (05140-GS) einzuordnen. Je nach Standortbedingungen können diese nochmals in die Biotoptypen 05141-GSF (feuchter bis nasser Standorte), 05142-GSM (frischer, nährstoffreicher Standorte) und 05143-GST (trockenwarmer Standorte) unterteilt werden.

Waldbiotope

Alle als Waldstandorte kartierten Forts der Festung sind sekundärer Natur. Es dominieren *Acer*-Arten. Daneben sind teilweise nennenswerte *Robinia pseudoacacia* Bestände vorzufinden. Zeugnisse anthropogenen Einflusses sind u.a. *Aesculus hippocastanum* sowie *Malus domestica*.

Die TWINSPAN-Auswertungen ergeben eine dominante *Robinia–Acer platanoides* Gruppe auf der Hierarchieebene 1, beide mit einer hohen Stetigkeit (*fidelity* 88,3). In der einfachsten Klassifizierung (*setting* 4) wird diese in zwei Untergruppen unterteilt: eine *Tilia platyphyllos–Chelidonium* Gruppe (3 Standorte) und eine *Acer platanoides–Fraxinus–Populus alba* Gruppe (4 Standorte). Erstere und deren Bestände sind grundsätzlich in die Klasse Querco-Fagetea einordbar, mit einer Tendenz zum Verband Tilio (platyphyllis)-Acerion pseudoplatani (Edellaubbaum-Mischwälder, Linden-Ahorn-Wälder). Daneben weisen *Carpinus betulus* und *Stellaria holostea* auf Ansätze der potentiellen Ausbildung des Verbandes Carpinion betuli (Eichen-Hainbuchen-Wälder) hin. Denkbar ist hier die Ausprägung der Assoziation Tilio-Carpinetum Traczyk 1962 (Pott, 1992: 555f). Vergleiche hierzu auch die Ausarbeitungen zu Ausprägungen der Eichen-Hainbuchenwälder in West-Polen in Matuszkiewicz und Matuszkiewicz (1985), die um Wrocław die Oder-Warthe Rasse des Galio-Carpinetum als typische Gebietsassoziation herausgestellt haben, die zudem noch in verschiedene planare und submontane Ausprägungen zerfällt. Auch die *Acer platanoides–Fraxinus–Populus alba* Gruppe ist soziologisch in die Klasse Querco-Fagetea sowie in den Verband Tilio (platyphyllis)-Acerion pseudoplatani einordbar. Durch die Ruderalität und sekundäre Natur der Standorte sind die Bestände zudem soziologisch nahe den Ahorn-Parkwäldern (Passarge, 1990).

Die Waldbestände werden zusammengefasst als Biototyp 08290 (WS) Naturnahe Laubwälder und Laub-Nadel-Mischwälder mit heimischen Baumarten bewertet. Eine nähere Zuordnung erscheint nicht sinnvoll.

Zusammenfassung

Die Offenlandstandorte wie auch die Waldstandorte der Forts der Festung Wrocław zeigen hohe Ruderalitätsgrade. Exakt gleiche Artenkombinationen wurden nicht vorgefunden. Die Offenlandstandorte sind tendenziell in die Klasse der Artemisietea, die Waldstandorte in die Klasse Querco-Fagetea einordbar. Andere Zugehörigkeiten sind je nach Standort möglich. Nähere Zuordnungen sind derzeit nur bedingt möglich, aber auch nicht zwingend notwendig. Hintergrund ist auch die oftmals geringe Fläche der Forts und damit der jeweiligen Biotope.

Die Existenz von *Robinia pseudoacacia* auf den Standorten kann analog zur Entwicklung der Trümmerfolgeart in Berlin nach dem Zweiten Weltkrieg bewertet werden.

4.1.3.2 Fauna

Systematische faunistische Untersuchungen fanden nicht statt.

Unterirdische Bauwerksstrukturen

Nicht in allen Bauwerken konnten die unterirdischen Strukturen begutachtet werden, da diese einerseits verschlossen oder aber auch überflutet waren. Die Anwesenheit von *Microchiroptera* kann in den meisten Anlagen nicht ausgeschlossen werden.

Offenland-Biotope

Auf Offenland und halboffenen Standorte sind oftmals verschiedene Insekten- oder Spinnenarten vorzufinden. Anwesenheit von *Lacertidae* kann gerade auf den wärmeren sonnenexponierten Standorten vermutet werden. Vergleiche hierzu auch die Listung der Sichtungen am Standort W-003 in Tabelle C-48.

Waldbiotope

Waldbiotope sind oftmals entsprechend der Umgebung und Hemerobiegraden mit unterschiedlicher Avifauna ausgestattet.

Zusammenfassung

Die Biotopstandorte des Forts sind durch ihre Artenkombinationen und geringen anthropogenen Nutzungsdruck trotz ihrer Ruderalität Lebensraum vielfältiger Fauna. Tendenziell weisen die Offenlandstandorte höheren (sichtbaren) faunistischen Reichtum auf als die Waldstandorte. Unterirdische Strukturen können ggf. Quartiere für diverse *Microchiroptera*-Arten sein. Vermutet wird hier vor allem die Relevanz als Interims- und Sommerquartier, Zugänglichkeit vorausgesetzt, u.a. durch die relative Nähe zum NATURA 2000 Gebiet *Nietoperek*, einem der Hauptüberwinterungsquartiere im westlichen Polen (EEA, 2017; Tena, 2019), sowie der Nähe zu wichtigen Winter- und Sommerquartieren der Ostsudeten (Furmankiewicz *et al.*, 2008).

4.1.4 Festung Kaunas

Allgemeines

Die Festung Kaunas ist eine russische Großfestung bzw. Gürtelfestung, bestehend aus 9 Forts und 9 Batterien, errichtet zwischen 1882 und 1911. Am Südufer des Nemunas (Memel) liegen Fort I bis V, am Nordufer die Forts VI bis IX. Die Forts bilden einen imaginären Ring um die eigentliche Stadt und weisen jeweils Abstände von 2 bis 2,5 km zueinander auf (Baltic Fort Route, 2008b). Zwischen diesen Forts waren ursprünglich Batterien installiert, welche derzeit kaum noch auffindbar sind. Daneben sind noch einige innerstädtische Befestigungsanlagen existent (Abbildung 9). Die Forts I bis VII bestehen gänzlich aus Ziegelmauerwerk, basierend auf russischen Standardfestungsziegeln besonderer Festigkeit. Bei den restlichen ist u.a. Stahlbeton als Baumaterial verwendet worden (Orlov *et al.*, 2009). Fort IX ist aufgrund seiner Historie nach dem ersten Weltkrieg eine Erinnerungsstätte, da hier während verschiedener Phasen Kriegsgefangene, politische Häftlinge und Juden aus dem Kaunas-Ghetto inhaftiert und teilweise vor Ort hingerichtet wurden (Kaunas - Fort IX Museum, 2017). Aber auch andere Forts weisen eine derart unrühmliche Geschichte auf, z.B. das Fort VI (ATFORT, 2015b). Im Fort VII befindet sich seit 2011/2012 eine kulturelle Begegnungsstätte, ein Museum und Bildungszentrum (septintasfortas.lt, 2013). In anderen existieren keine oder geringfügige Nutzungen. Die Stadt Kaunas verfolgt das Ziel, die Festungen in die städtische Nutzung und Regionalentwicklung einzuordnen (Kaunas City Municipality Council, 2015), und hat u.a. Entwicklungspläne für einzelne Forts aufstellen lassen (ATFORT, 2015a). Dies erfolgt u.a. auf Basis einer landesweiten Entwicklungsstrategie, die das kulturelle und bauliche Erbe aufwerten und erhalten soll (State Progress Council, 2012; ATFORT, 2015a: 11)

Soweit bekannt, sind alle Forts im Denkmalregister Litauens gelistet. Eigentümer ist die Stadt Kaunas.

Während der Belagerungen im Ersten Weltkrieg wurde das Fort I fast gänzlich zerstört. Die Forts der Nordseite sind nicht belagert worden und weisen daher keine Schäden aus dieser Zeit auf (Orlov *et al.*, 2009). Der Zweite Weltkrieg hinterließ keine Beschädigungen an den Forts, da Kaunas nicht belagert oder zerstört wurde.

Das Fort IV wurde zum Untersuchungszeitpunkt nicht besonders genutzt, es dient als Naherholungsgebiet. Im Fort V existiert ein *paintball* Übungsareal über und vor der Kehlkasernen. Fort Marva wurde nicht vervollständigt und gehört zu einem angedachten zweiten

Ring (Baltic Fort Route, 2008b; ATFORT, 2015b) und wird derzeit vermutlich nur zur Heugewinnung genutzt. Fort VII konnte begangen werden. Fort VI war zum Zeitpunkt der Untersuchungen im August 2016 unzugänglich.

Klima

Kaunas liegt im sub-ozeanischem Klimabereich (Abb. A-8). Die Jahresmitteltemperatur der zugehörigen WMO-Klimastation Kaunas (LT) (CLIMAT ID 26629) betrug im Zeitraum 1961-1990 ca. 6,3°C. Die durchschnittliche Temperatur des kältesten Monats (Januar) betrug -5,2°C, die des wärmsten (Juli) 16,9°C. Der durchschnittliche Jahresniederschlag beträgt etwa 630mm, mit höher ausfallenden Sommerniederschlägen (Abb. B-3).

Kaunas war in der Periode 1951-200 dem Klimaraum Dfb (boreal geprägt, humid, warme Sommer) nach der Köppen-Geiger Klassifikation zuzuordnen (Abb. A-6). Nach Rubel *et al.* (2017) ist Kaunas in der Periode 1986-2010 bereits dem Klimaraum Cfb (warm temperiert, humid, warme Sommer) nach der Köppen-Geiger Klassifikation zuzuordnen (Abb. A-7), wenn auch im Übergangsbereich zu Dfb.

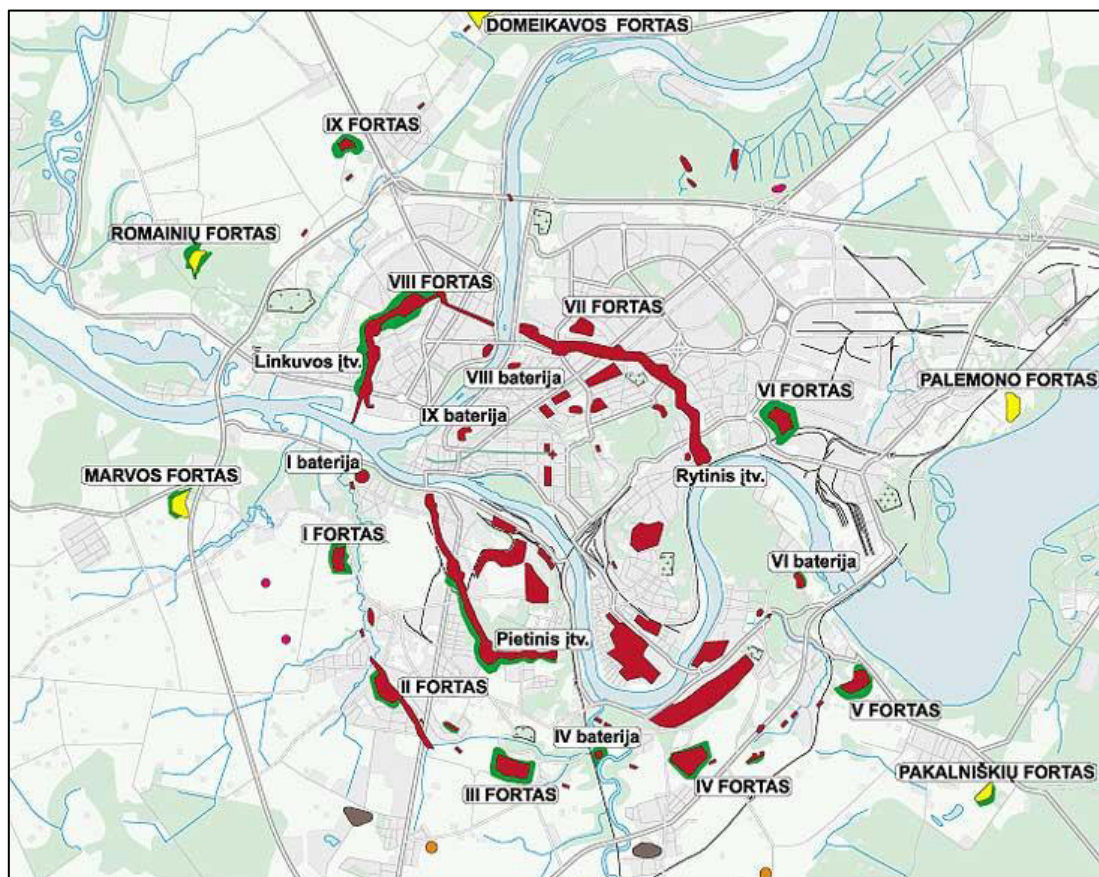


Abbildung 9: Übersicht über die Festungsanlagen der Stadt Kaunas (ATFORT, 2015b)

Geographie und biogeographische Einordnung

Kaunas liegt als Stadt innerhalb des Baltikums nordöstlich und bereits außerhalb der eigentlichen mitteleuropäischen Tiefebene. Kaunas liegt am Zusammenfluss des Nemunas (Memel) sowie der Neris. Allerdings ist auch die Landschaft Litauens, ähnlich wie die Nord- und Mittelpolens und Nordostdeutschlands glazial geprägt (Baltrūnas *et al.*, 2005; Guobytė und Satkūnas, 2015; Baltrūnas *et al.*, 2019).

Eine landschaftsgeographische bzw. physiographische Unterteilungen Litauens wird u.a. durch Kavaliauskas (2011) aufgeführt. Folgend dieser Einteilungen befindet sich Kaunas im Übergangsbereich des geomorphologischen Gebietes (*geomorfologinių sričių*) des Mittel- und Nordlitauischen Tieflandes (*Vidurio ir Šiaurės Lietuvos žemumų sritis*) sowie dem südwestlichem limnoglazialen litauischem Tiefland (*Pietvakarių Lietuvos limnoglacialinių žemumų sritis*). Da Kaunas am Zusammenfluss des Neris und des Nemunas liegt, treffen hier zwei physiographische Regionen (Unterteilungen des letzteren Gebietes) aufeinander: die limnoglaziale Ebene der Neris und des Nemunas (*Neries–Nemunas žemupio limnoglacialinė lyguma*). Vergleiche hierzu auch Guobytė (2016). Nach der litauischen Unterteilung werden die litauischen Gebiete zum Baltischen Tiefland (*Pabaltijo žemumos sritis*) gezählt (Kavaliauskas, 2011: Anhang Seite 1).

Vergleiche zu obigen zwei Absätzen auch die entsprechenden web-Kartendarstellungen von Lietuvos Geologijos Tarnyba (2019).

Nach der physiographischen Unterteilungen Polens wird Litauen und damit Kaunas als Teil der Provinz der Ostbaltische-Weißrussischen Niederung (*Niż Wschodniobałtycko–Białoruski*) der Makroregion Osteuropäische Tiefebene (*Nizina Wschodnioeuropejska*) zugeordnet (Abb. A-4).

Kaunas ist der borealen biogeographischen Region Europas (Abb. A-9) zuzuordnen. Nach der *FAO eco zones* Klassifikation befindet sich Kaunas in der temperierten kontinentalen Waldzone (Abb. A-10). Kaunas liegt zudem in der temperaten Florenzone Europas (Abb. A-14) in der mitteleuropäischen Florenprovinz (A-16) sowie im baltischen Vegetationsbezirk im Übergangsbereich zur Zentral-russischen (sarmatischen) Provinz (Abb. A-15 & Abb. A-16).

Der Kontinentalitätsindex der Station WMO Station Kaunas beträgt 26,9 (Tab. B-7).

4.1.4.1 Flora

Im Sommer 2016 wurden Kartierungen vor Ort durchgeführt. Primäres Ziel war die Nachkartierung der 10 Jahre zuvor untersuchten Areale des Fort V durch Ißbrücker und Lachmann (2006). Dies erfolgte unter der Maßgabe, etwaige floristische und allgemeine Standortveränderungen zu dokumentieren, da durch die Autoren unter anderem ein touristisches Erschließungskonzept vorgeschlagen wurde. Zudem wurden weitere Standorte vegetationskundlich untersucht, die begehbar waren und innerhalb der zur Verfügung stehenden Zeit untersucht werden konnten.

Es wurden vor Ort 4 Forts repräsentativ untersucht. Die Auswahl sollte ein grobes Bild der Biotopvielfalt des Festungssystems abbilden. Es wurden Offenland und Waldbiotope ausgewählt. Es wurde ein Feuchtbiotop im Marva Fort aufgenommen, welches hier soziologisch nicht betrachtet wird. Anhang C Tabellen C-66 bis C-111 enthalten die Kartieraufnahmen dieser Arbeit sowie die Vergleichsaufnahmen im Fort V durch Ißbrücker und Lachmann (2006).

Für exemplarische Photographien der Kartierflächen siehe Anhang G Abb. G-7 bis G-10.

Offenland-Biotope

Marva Fort



Abbildung 10: Panorama-Ansicht des Innenbereiches des Marva Forts, August 2018, © Junghans, 2018

Dominierend sind vor Ort Vertreter der Klasse der Molinio-Arrhenatheretea (Mähwiesen und Weidegesellschaften). Durch die hohe Abundanz von *Arrhenatherum elatius* wird das Arteninventar unter Vorbehalt (s.u.) in den Verband Arrhenatherion elatioris (Tal-Fettwiesen, planare und submontane Glatthaferwiesen) eingeordnet. Im weiteren könnte der Bestand in die Assoziation Dauco-Arrhenatheretum elatioris Br.-Bl. 1915 eingeordnet werden, bedingt durch die Existenz der Assoziationscharakterarten *A. elatius* und *Crepis biennis* (Pott, 1992: 307). Es

wird allerdings auf die prinzipielle Unsicherheit der Einordnung in den Verband hingewiesen, da dieser in Mitteleuropa und in Süd-Westeuropa sein Hauptverbreitungsgebiet hat. Siehe hierzu die Darstellungen in Ellenberg (1996: 789-799).

Daneben gibt es eine unklare Artenzusammensetzung von aufgeschütteten und teilweise bebuschter Bereiche, bei denen *Avena fatua*, *Cornus sanguinea* sowie *Cichorium intybus* mit *Achillea millefolium* und *Lotus corniculatus* vergesellschaftet sind. Diese wird als ruderal gestörte halbtrockene Ausprägung der eigentlichen Glatthaferwiese verstanden.

Der Standort wird verallgemeinert in den Biotoptyp 05112 Frischwiesen (GMF) eingeordnet. Präzisierend ist der Standort artenarm und weitgehend gehölzfrei (Biotoptyp 0511221). Er kann, wenn artenreicher, zum FFH LRT 6510 vermitteln (Landesumweltamt Brandenburg, 2007: 169).

Fort IV

Es wurden im Fort insgesamt 8 Teilflächen kartiert (Abbildung 11).

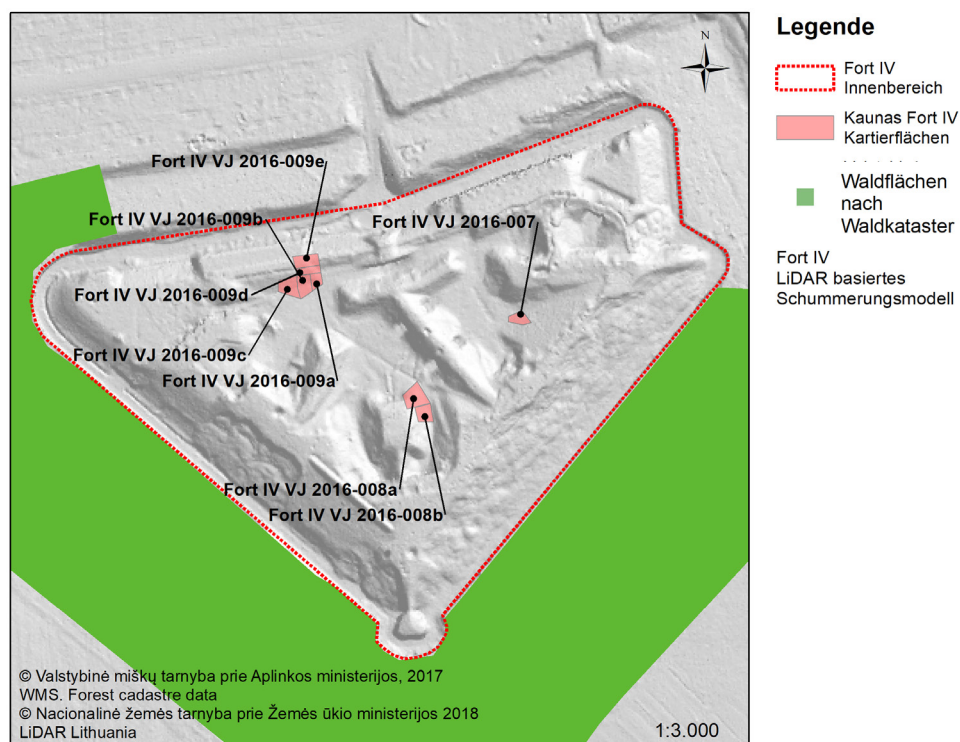


Abbildung 11: Fort IV Kaunas (LT), kartierte Biotopflächen, LiDAR basiertes Schummerungsmodell sowie Flächen des Waldkatasters

Der Biotopgesamtbestand lässt sich grundsätzlich als Offenland definieren. Je nach Ausprägung war dieser 2016 gar nicht oder mehr oder weniger locker bebuscht. Waldflächen, mit Bäumen oder Sträuchern höher als 5m, fanden sich zum Kartierzeitpunkt nur außerhalb des eigentlichen Innenbereiches. Der äußere Waldbestand ist *Populus spec.* dominiert. Verjüngungen dieser finden sich im Innenbereich wieder. Der Innenbereich wird vermutlich einschürig bewirtschaftet.



Abbildung 12: Panorama-Ansicht am östlichen Spitzgraben im Innenbereich des Fort IV, August 2016, © Junghans 2016

Der Bestand der Kartierflächen Fort IV VJ 2016-007 ist soziologisch schwer zu fassen. Vereinfacht wird er als basiphiler Magerrasen (Festuco-Brometea) (Biotoptyp 051224) mit Tendenz zum Mesobromion ausgewiesen, bei dem Vertreter der Mähwiesengesellschaften der Klasse Molinio-Arrhenatheretea, insbesondere *Alopecurus pratensis* dominieren. Siehe hierzu auch Pott (1992: 354). *Gentiana cruciata*, Charakterart der Festuco-Brometea (Ellenberg, 1996: 669), tritt am Standort vereinzelt auf, kann aber auch im Geranion sanguinei (Xerophile Blutstorchschnabel-Saumgesellschaften) sowie im Cirsio-Brachypodion angesiedelt sein (Oberdorfer, 2001: 756). Ggf. kann diese Art als regionales Substitut der eigentlichen submediterranen *Gentiana*-Arten in den Mesobromion-Ausprägungen interpretiert werden (Pott, 1992: 354). Zur abiotischen Einordnung des Mesobromions siehe auch Ellenberg (1996: 668). Eine östliche Vikariante der Assoziationen ist deshalb prinzipiell denkbar und sollte überprüft werden, ggf. läuft diese im Kontinentalitätsgefälle in das Cirsio-Brachypodion über (ebenda). Mit *Scabiosa canescens* und *Ononis arvensis* sind jeweils Vertreter der eben genannten Verbände (in der Reihenfolge) am Standort vorhanden (Oberdorfer, 2001: 585, 887). Es finden sich mit den Arten *Agrimonia eupatoria*, *Geranium sylvaticum* sowie *Ranunculus ficaria* zudem Reminiszenzen der Wald- und Waldsaumgesellschaften wieder. Mit *Centaurea jacea* und *Hieracium pilosella* finden sich weitere Arten des Mesobromions bzw. der Festuco-Brometea (Oberdorfer, 2001: 970, 999). Der Standort ist halbtrocken ($F=4,5$) sowie relativ stickstoffreich ($R=7,2$).

Die Flächen Fort IV VJ 2016-008a und 008b werden vereinfacht als undifferenzierte Ausprägungen der Klasse Artemisietea interpretiert, bei der sowohl Wiesen- als auch Waldeinflüsse (noch) erkennbar waren. Eine weitere Entwicklung hängt von Pflegeregime ab. Die Fläche wird als ruderalisierte Ausprägung von Staudenfluren trockenwarmer Standorte (GST) mit spontanem Baumbewuchs ausgewiesen (Biotoptyp 0514322) (Landesumweltamt Brandenburg, 2007: 216ff).

Die südexponierten Flächen Fort IV VJ 2016-009a bis 009e werden verallgemeinert als Saumgesellschaften dargestellt, die je nach Lage unterschiedlich Deckungsgrade von Sträuchern wie *Cornus sanguinea* oder *Crataegus monogyna* oder typischen Wiesenvertretern wie *Alopecurus pratensis*, *Centaurea jacea* oder *Dactylis glomerata* haben. Zu diesen mischen sich ruderale Arten wie *Aegopodium podagraria* oder *Cichorium intybus*. Es kommt daher vor Ort zu einem wilden Mix von Vertretern und Charakterarten verschiedener Verbände, die klare soziologische Zuordnungen erschweren. Es wird vorgeschlagen, alle genannten Flächen in ein gestörtes und sich *in statu nascendi* befindliches Geranion sanguinei (Xerophile Blutstorchschnabel-Saumgesellschaften) mit den Verbandscharakterarten *Campanula rapunculoides*, *Galium lucidum*, *Medicago falcata*, *Scabiosa canescens* einzuordnen. Vertreter der Festuco-Brometea (Trocken-, Halbtrockenrasen, basiphile Magerrasen), Molinio-Arrhenatheretea (Mähwiesen und Weidegesellschaften), Sedo-Scleranthetea (Sand- und Felsgrus-Trockenrasen) sowie Trifolio-Geranietea (sanguinei) (Helio-thermophile Saumgesellschaften, Staudenhalden, Laubwiesen) ergänzen das Arteninventar der Wiesenflächen und weisen auf mesophile und teilweise trocken-warme Bedingungen hin. Eine fehlende Mahd oder Beweidung würde diesen Bestand in das Festuco-Brometea überführen (Pott, 1992: 413). Alternativ ist die Einordnung in den formen- und assoziationsreicheren Verband Trifolion medii, für den die Charakterart *Agrimonia eupatoria* steht (ebenda: 417-419). Vergleiche hierzu auch Ellenberg (1996: 781). Die Flächen werden als artenreiche Ausprägung von Staudenfluren trockenwarmer Standorte (GST) ohne spontanem Baumbewuchs ausgewiesen (Biotoptyp 0514311) (Landesumweltamt Brandenburg, 2007: 216ff). Daneben existiert das Begleitbiotop 07103 (BLT) Laubgebüsch trockenwarmer Standorte (ebenda: 239ff).

Fort V

Am Standort Fort V sind reine Offenlandstandorte selten und beschränken sich auf die Flächen eines ehemaligen Fußballplatzes/ Exerzierplatzes außerhalb des eigentlichen Forts. Im Innenbereich existiert analog zum Fort Hahneberg (D) u.a. ein mit Betonplatten versehener

Innenbereich, der als *paintball* Arena genutzt wird. Wegen Aktivitäten vor Ort wurde dieser nicht kartiert.



Abbildung 13: Luftbild des Fort V, zentraler Blick auf den Innenbereich, rechts im Bild Offenland, vermutlich August 2004, © BFR 2007

Die Probeflächen Fort V VJ 2016-010a-c werden zusammenfassend betrachtet. Am Standort dominiert *Phleum pratense*, welches stellenweise sehr dichte zusammenfassende Flächen ausprägt. Grundsätzlich dominieren am Standort Vertreter der Klasse Molinio-Arrhenatheretea (Mähwiesen und Weidegesellschaften). Zu diesem gesellt sich *Holcus mollis* als Kennart der Assoziation Holco-Quercetum, welches aber auch in Initialstadien von Umbruchwiesen (Oberdorfer, 2001: 243) und anderen Wiesengesellschaften (Ellenberg, 1996: 847) vorkommen kann. Die Existenz von *Galium lucidum* (F=3) sowie *Centaurea jacea* (F=x) weist auf wechselfeuchte Standortbedingungen hin. Der Standort wird vermutlich einschürig bewirtschaftet. Auf eine soziologische Präzisierung wird verzichtet. Die Bestände werden verallgemeinert und unbestimmt zum Biotoptyp Frischwiese gestellt (Biotoptyp 05110 GM).

Im Innenbereich befinden sich an den Standorten Fort V VJ 2016-004b und 004c teilweise stark verbuschte *Arrhenatherum elatius* dominierte Bestände. Soziologisch werden diese als undifferenzierter Verband Arrhenatherion elatioris gewertet, der durch Vergesellschaftung von *Agrimonia eupatoria*, *Gallium mollugo* und *Vicia sepium* als Kennarten des Verbandes Trifolion medii (Mesophile Klee-Saumgesellschaften) gekennzeichnet ist. Denkbar ist eine rudimentäre Ausprägung der Assoziation Agrimono-Vicietum cassubicae Passarge 1967, da *Vicia cassubica* durch Ißbrücker und Lachmann (2006) am Standort festgestellt wurde. Vergleiche hierzu auch Pott (1992: 417ff) sowie Ellenberg (1996: 781). Die Bestände werden verallgemeinert und unbestimmt in den Biotoptyp Frischwiese eingeordnet (Biotoptyp 05110 GM). Dazu existiert

das Begleitbiotop 05143 Staudenfluren trockenwarmer Standorte (GST). Diese Flächen sind exemplarisch für den *paintball* bespielten Innenbereich.

Angedeutet wird obige Assoziation sowie der Begleitbiotop auf der Kartierfläche Fort V VJ 2016-012. Hier ist das Hauptbiotop das Laubgebüsch trockener und trockenwarmer Standorte (BLT) (Biotoptyp 07103), welches soziologisch nicht näher definiert wird, da ein *Prunetalia spinosae* nur angedeutet wird und dieses mit Verjüngungen anderer Ordnungen durchsetzt ist.

Fort VII

Dominante Arten der durchweg offenen Innenbereiche des Forts sind *Arrhenatherum elatius*, *Dactylis glomerata* und *Koeleria glauca*. Daneben kommen *Calamagrostis epigejos* und *Solidago canadensis* als Störer vor. Soziologisch sind die Bestände als gestörte bodensaure Trockenrasen (Koelerio-Phleion phleoidis) sowie als Wirtschaftsgrünland wechselfeuchter mesophiler Standorte mit der Tendenz zum Verband Arrhenatherion elatioris (Tal-Fettwiesen, planare und submontane Glatthaferwiesen) ausweisbar. Mit *Centaurea jacea* und *Daucus carota* treten zusätzlich Vertreter der Halbtrockenrasen (Mesobromion) auf (Oberdorfer, 2001: 970, 724). Analogien zum Offenland-Innenbereich des Fort Hahnebergs (D) existieren.

Die Bestände werden verallgemeinert in den Biotoptyp ruderales Wiese, artenarm, gehölzfrei eingeordnet (Biotoptyp 0511311 GMR). Alternativ dazu in den Biotoptyp 05120 ohne weitere Spezifikation. Kleinräumig können die Begleitbiotope 05121231 (GTSAK) bzw. 0512231 (GTKP) ausgewiesen werden.



Abbildung 14: Innenbereich des Fort VII, August 2016, © Junghans, 2016

weiteren oder anderen Ausprägungen hinzutreten werden. Ggf. sind halboffene Strukturen wie die angedeutete Streuobstwiese (Probefläche Fort V VJ 2016-004d), Waldsäume (Probefläche Fort V VJ 2016-003b) oder Vorwaldstadien (Probefläche Fort V VJ 2016-002d) noch von grundsätzlichen Veränderungen geprägt, die aber von örtlichen Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen abhängen.



Abbildung 16: bruchwaldähnlicher Zustand im linken Spitzgraben des Fort V, August 2016, © Junghans, 2016

Der krautige Unterwuchs aller reinen Waldflächen ist vor allem durch typische Waldarten aufgebaut, wie *Aruncus dioicus*, *Asarum europaeum*, *Carex digitata*, *Carex sylvatica*, *Chrysosplenium alternifolium*, *Dryopteris filix-mas*, *Equisetum sylvaticum*, *Impatiens noli-tangere*, *Impatiens parviflora*, *Oxalis acetosella*, *Paris quadrifolia*, *Pulmonaria obscura* und *Ranunculus lanuginosus*. Dominierend sind hier Charakterarten der Ordnung Fagetalia, die je nach Standort unterschiedliche starke Abundanzen und Stetigkeiten aufweisen. Hin und wieder gesellen sich Vertreter anderer Ordnungen oder Klassen hinzu, wie *Aegopodium podagraria*, *Chelidonium majus*, *Geranium robertianum* oder auch *Geum rivale*, die auf nitrophile, teilweise ruderalisierte oder auch feuchte Bedingungen hinweisen. Interpretiert wird dies zudem als

Auswirkung der reliefbedingten Sickerwasserströme, die lokal vor allem an der Hangbasis für kleinräumige polytrophe Bedingungen sorgen können. Kombiniert sich obige Situationen, v.a. in Gräben, mit Windbruch, kann vor Ort in den Gräben eine bruchwaldähnliche Artenzusammensetzung auftreten (z.B. Probefläche Fort V VJ 2016-002e). Das hier angedeutete Alno-Ulmion Br.-Bl. Et R. Tx. 1943 ist aber auch auf wechselfeuchten Standorten vorkommend, und wird hier meist durch die Artenkombination *Alnus incana* und *Prunus padus* gekennzeichnet bei denen *Fraxinus excelsior*, *Tilia cordata* sowie *Ulmus glabra* typische Begleitarten sind (Probeflächen Fort V 2016-001d, 001e, 001f und 001i). Soziologisch vermitteln diese Standorte zum Alnetum incanae Lüdi 1921 sowie Pruno-Fraxinetum Oberd. 1953 (Pott, 1992: 557ff). Hinweis darauf liefert insbesondere die Verbandscharakterart *Equisetum sylvaticum* (ebenda), wobei letztere Assoziation aber durch die Abwesenheit von *Alnus glutinosa* fraglich ist. Vergleiche zur eigentlich montanen Grauerlenau Alnetum incanae Lüdi 1921 *typicum* und anderen Hartholzauen insbesondere Ellenberg (1996: 400-411) sowie Müller *et al.* (1992: 140–146). Ähnlichkeit besteht zudem durch die Existenz von *Paris quadrifolia* auf mehreren Standorten zum montanen Aceri-Fraxinetum (Eschen-Hangfuß-Mischwald) (Ellenberg, 1996: 421, 246f), der aber auch extrazonale Formen ausbilden kann.

Die trockeneren und vor allem jüngeren Waldflächen hingegen sind tendenziell in das Tilio-Acerion einordbar, wobei hier diese Flächen neben den Hauptbaumarten *Acer platanoides*, *Acer pseudoplatanus*, *Fraxinus excelsior*, *Tilia cordata* und *Ulmus glabra* vor allem mit den Straucharten *Euonymus europaeus*, *Crataegus monogyna* und *Lonicera xylosteum* komplettiert werden. Diese Flächen können, da diese meistens einen sehr dichten Kronenschluss aufweisen, nahezu komplett unterwuchsfrei sein. Exemplarisch für solche Kombinationen sind die Probeflächen Fort V VJ 2016-001b und 002a sowie der Vorwaldstandort 002d. Diese Baumartenkombination wird in Ellenberg (1996: 248ff) verallgemeinert als Winterlindenmischwald angesprochen, der in Mitteleuropa v.a. in den montanen Regionen sein Verbreitungsschwerpunkt hat und soziologisch noch kaum beforscht ist (ebenda: 250). Hier sind zudem Ähnlichkeiten zum Pruno-Fraxinetum Oberd. 1953 auffällig, obwohl *Alnus glutinosa* als Charakterart fehlt. Allerdings wird diese Assoziation als Dauergesellschaft nasser Fluss- und Bachtäler (Süddeutschlands) beschrieben, die aber auch auf trockeneren Standorten vorkommen können (Müller *et al.*, 1992: 150-153). Alternativ dazu ist eine Einordnung in das Adoxo-Aceretum (Etter 47) Pass. 59 möglich, da in diesem auch Alno-Ulmion Arten vorkommen können. Dagegen spricht die Existenz von *Acer platanoides*. Vergleiche hierzu auch die Ausführungen in Müller *et al.* (1992: 191f).

Eine Sonderstellung nimmt der Standort Fort V 2016-001a ein. Dieser ist *Carpinus betulus* dominiert, welche sich zudem massiv selbst verjüngt. Durch die Koexistenz von *Tilia cordata* wird hier deshalb der (Unter-) Verband Carpinion betuli Traczyk 1962 angedeutet und auch angenommen. Dieser beinhaltet osteuropäische Eichen-Hainbuchen-Waldgesellschaften und ist mit der Assoziation Tilio cordatae-Carpinetum betuli Traczyk 1962 wahrscheinlich für derartige Bestände Polens und Westrusslands (Müller *et al.*, 1992: 160). Floristisch und standörtlich steht dieser dem Alno-Ulmion nahe (Pott, 1992: 549). Allerdings ist eine (sichere) Zuordnung zu einer typischen Assoziation wegen der Komplexität der Ausprägungen von Linden-Hainbuchenwäldern und anderer Hainbuchen dominierter Wälder nahezu unmöglich. Vergleiche hierzu die Ausführungen in Ellenberg (1996: 252-283).

Zusammenfassend und verallgemeinert können nach Landesumweltamt Brandenburg (2007: 351f) vorgefundene Waldbestände in den Biotoptyp 08290 Naturnahe Laubwälder und Laub-Nadel-Mischwälder (WS) eingeordnet werden, da “[...] von heimischen Ahorn-Arten oder Winter-Linde dominierte Bestände auf potentiellen Eichen-Hainbuchenwald(standorten) [...] unter diesem Biotoptyp kartiert“ werden. Die Ausprägung des Biotoptyps 08142 Hainbuchen-Bergulmen-Hangwald (WUH) sowie des Biotoptyps 08150 Moschuskraut-Eschenwald (Ahorn-Eschenwald) (WX) sind prinzipiell denkbar. Diese können zum FFH Lebensraumtyp 9180 (ebenda: 295ff) vermitteln, falls entsprechende Artenausstattungen vorhanden sind. Dies ist im vorliegenden Fall unwahrscheinlich. Vergleiche hierzu auch die Ausführungen zum LRT 9180 in der Ergebnisdarstellung zur Prüffläche VJ1 2018 in Kapitel 4.1.1.1.

Waldsäume (BW) des Biotoptyps 07120, Staudenfluren und –säume (GS) (05140) sowie die frischer und nährstoffreicher Standorte (GSM) (05142) sind Begleitbiotope.

Zusammenfassung

Offenlandbestände, vor allem die mesophilen, lassen sich schwer charakterisieren. Geografisch befindet sich das Untersuchungsgebiet außerhalb der eigentlichen Verbreitungsgebiete des Mesobromions sowie des Arrhenaterions. Es ist denkbar, dass sich das Areal, trotz seines Kontinentalitätsindex von 26,9 im Übergangsbereich zum kontinentalen Cirsio-Brachypodium befindet, so dass sich Charakterarten aus diesen Verbänden am Standort mischen, ohne spezielle (ggf. schutzwürdige) Assoziationen oder FFH-Lebensraumtypen auszuprägen. Reine Offenlandstandorte der Forts sind prinzipiell ähnlich denen anderer kartierter Forts, insbesondere denen des Fort Hahnebergs (D), ohne aber dasselbe Arteninventar aufzuweisen.

Offenlandstandorte des Waldforts Fort V sind soziologisch interessant und durch Sukzessionsdruck ebenso gefährdet wie die des Forts IV. Durch die Nutzung des Innenbereiches als *paintball* Arena ist eine Abschwächung der Verwaldung und Verbuschung aber auch eine stetige Störung der Standorte nicht unwahrscheinlich. Zudem wird davon ausgegangen, dass der Innenbereich durch die Sportler aktiv durch einschürige Mahd im Rahmen von Arbeitseinsätzen offengehalten wird.

Durch Sukzessionen sind die Offenlandstandorte gefährdet, unabhängig von deren Artenzusammensetzungen und Örtlichkeit. Ein Entwicklungsauftrag bestünde darin, diese langfristig zu halten. Dazu bedarf es eines Pflege- und Entwicklungsregimes, welches auch die Einflüsse angrenzender Flächen einbezieht, z.B. den Sameneinflug von *Populus spec.*.

Die Waldstandorte entsprechen, da forstlich unberührt, weitgehend der Literatur entnommenen soziologischen und abiotischen Amplituden möglicher natürlicher Laubwaldausprägungen. Kennzeichnend ist hier v.a. die Ausprägung der Verbände Alno-Ulmion Br.-Bl. Et Tx. 43 für die Hartholzauen sowie *Carpinion betuli* Traczyk 1962 für die „trockeneren“ aber nicht weniger produktiven Laubholzmischwälder. Die angedeuteten Tilio-Acerion Klika 1955 Waldgesellschaften des Standortes sind verallgemeinert soziologisch und abiotisch atypische Ausprägungen, aber ähnlich zu Beständen der Forts Hahneberg (D) und Sarbinowo (PL) und soziologisch nahe den Ahorn-Eschen-Hangfußwäldern bzw. Eschen-Ahorn-Schatthangwäldern (Ellenberg, 1996: 240-247). An dieser Stelle sei zudem darauf hingewiesen, dass beschriebene Waldgesellschaften in ihrem typischen Ausprägungen für Mitteleuropa bzw. für Süddeutschland beschrieben und gültig sind. Gegebenenfalls sind diese sogar noch kleinräumiger gültig, so zu Beispiel für die Ausprägungen der Unterverbände und Assoziationen innerhalb des Tilio-Acerions oder Alno-Ulmions und deshalb vor Ort nur sehr bedingt ausweisbar sind.

Eine systematischere Kartierung, vor allem zu anderen Jahreszeiten, könnte die bislang bekannte Artenzusammensetzung aufweiten.

Am Standort Fort V wurden 2016 94 Arten aufgenommen, 2006 durch Ißbrücker und Lachmann (2006) auf diesen Standorten 90 Arten. Die Auswertungen der beta-Diversitäten (Tabelle C-113) ergab für den Standort Fort V, dass sich zwischen 2006 und 2016 die Artenzusammensetzung und Abundanzen des (ungestörten) Waldstandortes der Kartierfläche Fort V-001o am wenigsten verändert haben (niedrigste *dissimilarity* Indices aller Vergleichsflächen). Hingegen hat sich der Standort 002d von allen Vergleichsflächen am

meisten verändert (höchste *dissemblability* Indices). Begründet wird dies im letzten Fall mit dem bereits 2006 festgestellten Vorwaldstadium. Ähnlich hohe Veränderungen erfuhr auch der Standort der Kartierfläche 002e (Bruchwaldfläche des linken Kehlgrabens), bei dem vermutlich windbruchbedingte sowie Wasserregimewechsel induzierte Artenverschiebungen Ursache sind. Andere Waldflächen der Kartierflächen (001a bis 001l) sind zu 2006 unterschiedlich stark verändert, wobei die Standorte 001d, 001e, 001f und 001l als Standorte ähnlich starke Veränderungen aufweisen. Als Standorte der soziologisch angedeuteten *Alnetum incanae* Lüdi 1921 bzw. *Pruno-Fraxinetum* Oberd. 1953 (s.o.) wird hier eine sich ausdifferenzierende Assoziation als Ursache angenommen, bei der es vermutlich zu einer soziologischen Angleichung innerhalb dieser Gruppe bei weiterer ungestörter Entwicklung kommen wird. Die Halboffenstrukturen des Innenbereichs sind vermutlich sowohl nutzungs- als auch sukzessionsbedingt unähnlich zu 2006, wobei diese Unähnlichkeit unterschiedlich intensiv ausgeprägt ist.

Die TWINSpan-Auswertungen für das Fort V ergab in allen Einstellungen eine klare Trennung der reinen Offenland- (Flächen 010a bis 010c) und Waldstandorte (alle übrigen) (Tabelle C-114). Wie im weiteren Verlauf ersichtlich, sind die Probeflächen 003b, 004b, 004c und 004d keine reinen Waldstandorte, da diese hohe Abundanzen von Saum- oder Offenlandarten haben (Tabelle C-115). Dies entspricht der eigenen Bewertung und Einstufung. Die finale favorisierte TWINSpan-Separation ist wegen seiner Einfachheit „*setting 4*“ der Hierarchieebene 5. Hier werden 5 Gruppen mit mehr als 2 Relevés herausgestellt. Die reinen Waldstandorte sind demnach in eine *Oxalis-Prunus* Gruppe sowie eine *Tilia-Carpinus* Gruppe einzuordnen (Tabelle C-115). Dies entspricht obigen prinzipiellen Aussagen und Bewertungen der Kartierungen zum Fort V.

Alle Aufnahmen der Forts in Kaunas wurden zusammengefasst und einer TWINSpan Auswertung unterzogen (Tab. C-116 und C-117). In der einfachsten Trennung auf Ebene 1 findet in allen TWINSpan-Einstellungen eine Trennung der Relevés in einen *Achillea-Arrhenatherum-Dactylis* Offenland-Typ und einen *Pyrus-Tilia-Acer* Waldtyp statt. Das „*setting 4*“ und die Hierarchieebene 6 ergab 11 Gruppen mit mindestens 2 Relevés. Der Offenlandtyp des Fort V hat keine analogen Flächen in anderen kartierten Forts. Ähnlichkeiten dazu haben die Flächen 008a und 008b des Forts IV. Die Halboffenstrukturen des Fort V von 2006 und 2016 (004b und 004c) bilden eine eigene Gruppe. Die Probeflächen 001, 002 und 003 des Fort VII sowie die Fläche 004 des Marva Forts bilden eine eigene Gruppe und sind diesen (Fort V 004b und 004c) am ähnlichsten. Die Saumgesellschaften des Fort IV (007, 009a bis

009c) bilden ebenfalls eine eigene Gruppe. Das Gebüsch des Innenbereichs des Fort V (Fläche 012) und die Flächen 009d und 009e des Fort IV sind sich sehr ähnlich und bilden eine eigene Gruppe. Trotz der Veränderungen zu 2006 (Tab. C-113) bilden die Flächen 003b und 004d des Forts eine eigene Gruppe innerhalb der Waldflächen aus. Durch die Eingruppierung der Fläche 002e des Fort V zu den zwischen 2006 und 2016 fast nicht veränderten Flächen 001e (s.o.) des gleichen Forts (*Asarum–Scopolia* Gruppe) ist die Entwicklungstendenz des Standortes angedeutet. Auch in der *Impatiens–Prunus* Gruppe deutet sich eine Artenverschiebung an, da die Gruppen von 2006 (Fort V 001b bis 0011 und 002e) nun nicht mehr vollständig sind. Ein Fläche davon (001b) ist in eine als *Populus–Aesculus* bezeichnete Gruppe übergegangen. Diese wird als Untergruppe einer *Tilia–Carpinus* Gruppe geführt, die eine zwischen 2006 und 2016 fast unveränderte Fläche (Fort V 001a) aufweist.

Die TWINSpan Auswertungen aber auch die Auswertungen der beta-Diversitäten zeigen, dass es innerhalb des Fort V sowohl Veränderungen als auch nahezu keine Veränderungen in der Artenzusammensetzung gab. Im übergeordneten Zusammenhang wird zusätzlich deutlich, dass die floristische Ausstattung der einzelnen Forts sowohl einzigartig und teilweise auch ähnlich zu anderen Forts im Untersuchungsgebiet ist. Hieraus ergibt sich ein im räumlichen Kontext ein vielfältiges biotopisches Potential, neben der eigentlichen Standortvielfalt in den Forts.

4.1.4.2 Fauna

Es wurden keine systematischen faunistischen Untersuchungen durchgeführt. Zufallssichtungen wurden registriert.

Unterirdische Bauwerksstrukturen

Es existierten keine begehbaren unterirdischen Strukturen vor Ort. *Microchiroptera* werden vor Ort vermutet (Pauza und Pauziene, 1998).

Offenland-Biotope

Offenlandbiotope besitzen eine vielfältige Insektenfauna, die eine systematische Bestimmung erfordert. Lokale Avifauna ist rural geprägt. Zufallssichtungen von *Lepidoptera* sind *Polyommatus icarus* ♂, und *Argiope bruennichi* im Fort IV

Waldbiotope

Fort V

Am Waldmantel (Probenflächen 002d und 003b) wurde ein Exemplar von *Nymphalis antiopa* gesichtet, vermutlich begünstigt durch örtliche Obstbäume, sowie ein Exemplar von *Vanessa atalanta*.

4.1.5 weitere Festungsanlagen

Cascais (PT)

Forte de Nossa Senhora da Luz de Cascais ist eine voll- und totalsanierte renaissancezeitliche Bastionärfestung, erbaut Ende des 16. Jahrhunderts. Es wurden Ende April 2014 nur die Wallvegetationen zusammenfassend kartiert (Abbildung 17 sowie Abb. G-11), da keine weitere Vegetation vorhanden war. Die Vegetation ist allgemein mediterran bis ozeanisch geprägt. *Cymbalaria muralis* und *Crithmum maritimum* bilden die dominierende Wallvegetation. *Geranium robertianum* ssp. *maritimum*, *Parietaria judaica* und *Valantia muralis* kommen vereinzelt vor. *Ficus carica* streut vereinzelt in die ruderale atlantisch-mediterrangeprägte Mauergesellschaft *Parietarium judaicae* ein.

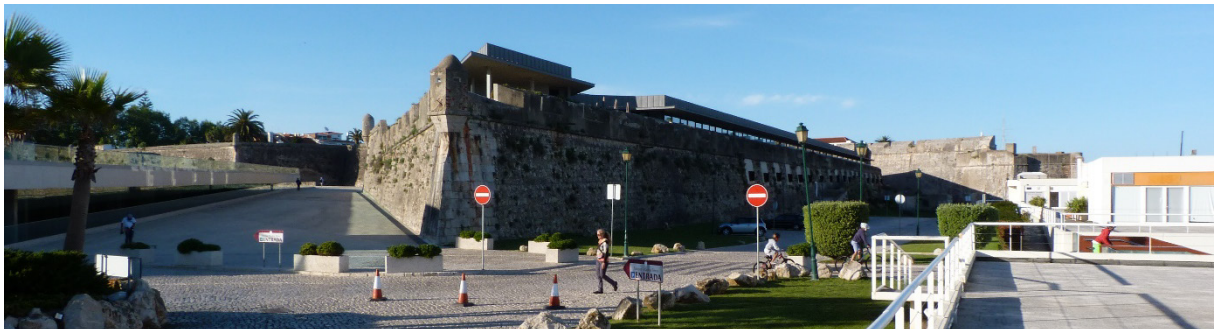


Abbildung 17: südwestliche Bastion der Festung Forte de Nossa Senhora da Luz de Cascais, April 2014, © Junghans, 2014

Falmouth (GB)

Pendennis Castle, erbaut durch Heinrich VIII Mitte des 16. Jahrhunderts, wurde Mitte Mai 2014 in seiner allgemeinen Artenzusammensetzung erfasst (26 Arten). Hierbei wurden nur die äußeren Wallmauern betrachtet (Abbildung 18 sowie Abb. G-12). Der Bestand ist allgemein ozeanisch geprägt mit ruderalem Einfluss. Aufkommende Bäume werden vermutlich

regelmäßig entfernt. Es konnten zum offiziellen Pflegeregime keine Informationen ermittelt werden. *C. muralis*, *F. muralis*, *U. rupestris*, *V. muralis* sowie *G. robertianum* ssp. *maritimum* sind am Standort ebenso vorhanden, werden aber von teilweise monodominanten Reinbeständen anderer Arten, wie *Alopecurus geniculatus*, *Hyacinthoides non-scripta*, *Hedera helix*, *Solidago virgaurea* ssp. *virgaurea* und *Urtica dioica* eingedämmt. Trotz des Vorkommens diverser Wald- oder Waldsaumarten wird der Bestand vom Verfasser als artenreiche, atlantisch geprägte halbtrockene Wiesen auf Mauerwerk bezeichnet. Eine soziologische Zuordnung scheint nicht sinnvoll. Der Wiesencharakter kann ggf. durch das Mesobromion beschrieben werden. Begründet wird das mit der Existenz von *Orchis morio* (Syn. *Anacamptis morio*) am Standort (Oberdorfer, 2001: 279f).



Abbildung 18: Wallmauern von Pendennis Castle, Mai 2014, © Junghans 2014

Josefov (CZ)

April 2014 erfolgte die reduzierte stichprobenartige Erhebung am Rand einer Konferenz des Projektes Forte Cultura (Abb. G-13). Die österreichische Planstadt-Festung Josefstadt wurde Ende des 18. Jahrhunderts erbaut. Es wurden 6 Probeflächen kartiert. Zusammenfassend sich diese Standorte ruderal geprägt. Offenlandstandorte sind tendenziell in die Klasse Molinio-Arrhenatheretea (Mähwiesen und Weidegesellschaften) und waldnahe Standorte in die Ordnung Fagetalia einzuordnen. *Geranium robertianum* ist am Standort auf den nitrophilen Wiesenstandorten vertreten. Durch die Urbanität der Standorte sind klare soziologische Zuordnungen nicht möglich.

Komárom (HU) / Komárno (SK)

In dem grenzüberschreitenden beiderseits der Donau liegenden Festungskomplex wurden 2013 allgemeine unsystematische Begehungen durchgeführt (Abb. G-14). Die einzelnen Festungen waren unterschiedlich intensiv genutzt. Es waren 2013 keine Waldbiotope existent. Vereinzelt *Microchiroptera*-Exemplare wurden in feuchten Mauerspalten, z.B. am Fort Monostor in der Reversgalerie gesichtet. Kartielergebnisse sind dieser Arbeit nicht beigelegt.

Peniche (PT)

Praça-forte de Peniche wurde Ende des 16. Jahrhunderts errichtet. Die Vegetation von Praça-forte de Peniche wurde Ende April 2014 im Außenbereich erfasst (Abbildung 19 sowie Abb. G-15). Hierbei wurde der trockene, zugeschüttete Graben der Nordseite auf ca. 800m² flächenhaft erfasst. Die Vegetation ist allgemein mediterran bis ozeanisch geprägt und wird vom Verfasser als atlantisch geprägte Ruderal-Wiese bezeichnet. Dominierende Arten sind neben *Aloe maculata*, *Ammophila arenaria*, *Bromus thominii*, *Phleum phleoides*, *Dactylis glomerata*, *Papaver rhoeas* sowie *Erodium ciconium*. *C. maritimum*, *G. robertianum* ssp. *maritimum*, *C. muralis* und sind neben *Spergularia marina* typische lokale Begleitarten. Eine soziologische Zuordnung erfolgt nicht.



Abbildung 19: verfüllter nasser Graben der Festung Peniche, April 2014, © Junghans, 2014

Vigo (ES)

Fortaleza del Castro ist die neuzeitliche Stadtbefestigung Vigos aus dem 17. Jahrhundert. Die Festung ist mittlerweile ein Stadtpark. Vorhandene Vegetation wurde stichprobenartig und repräsentativ Anfang Mai 2014 erfasst. Die Vegetation ist allgemein mediterran-ozeanisch geprägt. Ruderale Einflüsse sind vorhanden. *Geranium robertianum* ist am Bauwerk häufig vorzufinden. Die Vegetation der Mauerkronen wird als Mischung basiphiler Trockenrasen (Mesobromion) und Mauerfugengesellschaft interpretiert. Letztere wird als undifferenzierte Ordnung der Parietarietalia judaicae verstanden, bei der *C. muralis*, *Erigeron karvinskianus*, *Fumaria muralis*, *Jasione laevis* sowie *Umbilicus rupestris* typische Begleitarten sind (Abb. G-16).



Abbildung 20: innere südöstliche Bastion der Festung Fortaleza del Castro, Vigo, Mai 2014, © Junghans, 2014

4.2 Auswertung Biotopfernerkundung in Festungsanlagen

Technische Bewertung

Nach ersten Durchläufen des Silhouette Skriptes für die Standorte Fort Sarbinowo und Kaunas wurde festgestellt, dass der für Fort Hahneberg entwickelte Ansatz mit einer minimalen Clusteranzahl von drei auf diese Standorte nicht anwendbar ist, da ggf. zwei Cluster höhere Indexwerte aufweisen könnten. Daher wurde nachträglich für diese Standorte das *clustering* in SNAP und mittels der R Skripte für 2 Cluster integriert. Zudem wurde wie beschrieben auch für den Standort Hahneberg für die Rx64 3.3.3 Algorithmen die kleinste Clusteranzahl auf zwei gesetzt.

Zugleich zeigte sich, dass niedrige Stichprobensamples im Silhouette Algorithmus größere Abweichungen im Indexwert aufweisen gegenüber einem höheren Stichprobenumfang. Ein optimaler minimaler Stichprobenumfang im Vergleich scheint bei ersten Betrachtungen bei ca. 1000 Werten bei 63504 Rasterzellen (252x252 Pixel) erreicht zu sein (vgl. Abb. E-1). Allerdings können hohe Stichprobenanzahlen bei höheren Clusteranzahl keine Stichproben mehr sein, da dann unter Umständen der gesamte Clusterdatensatz kleiner gleich der Zellanzahl eines Clusters sein kann. Zudem steigt bei höheren Stichprobenumfängen die benötigte Rechenzeit deutlich und überproportional an. Nur durch Parallelisierung von Rechenprozessen, falls möglich, kann diese um einen Faktor von zwei bis drei reduziert werden.

4.2.1 Fort Hahneberg

4.2.1.1 Luftbildauswertungen

Am Standort Fort Hahneberg konnten mittels Auswertungen von verschiedenen Luftbildern die Entwicklungen der Hauptbiotoparten *Wald*, *Offenland*, *Siedlungs- und Verkehrsflächen* sowie *Sonstige Flächen* über mehrere Jahrzehnte ausgewertet werden. Unter *Sonstige Flächen* sind z.B. alle Flächen aufsummiert, die zu keine der obigen Typen passen. Für die älteren Luftbilder sind dies größtenteils Gärten oder Obstbauplantagen oder Friedhöfe. Bei den neueren Aufnahmen können das zusätzlich dazu Baulandflächen sein. Lückige, offene Baumgruppen oder lichte, flächige Ansammlungen von Gehölzen oder Gebüsch wurden ebenfalls in diese Gruppe eingeordnet.

Im Allgemeinen ist zwischen 1928 und 2016 eine Abnahme der Offenlandflächen zu verzeichnen. Als Offenland sind hier Wiesen und Felder aufsummiert. Im Gegensatz dazu ist

eine Zunahme der Waldflächen sowie der Siedlungs- und Verkehrsflächen festzustellen. Abbildung 21 bis Abbildung 23 veranschaulichen diese Entwicklungen grafisch. Den Abbildungen dazugehörige Daten finden sich in Tabelle D-1 in Anhang D. Der bei den Auswertungen betrachtete Innenbereich hat dabei eine Fläche von 4,6ha, der Katasterbereich inklusive Innenbereich eine Gesamtfläche von 13,2ha und die 250m Pufferfläche um den Innenbereich eine Fläche von 47,8ha.

Wie in den Abbildungen und Luftbildern ersichtlich war zur ersten verfügbaren Luftbildaufnahme 1928 das Fort selbst unbewaldet. Nur Teile der Glacis waren mit halbwegs dichtem Gehölz bestanden. Im gesamten Katasterbereich war damals ein Waldbestand von etwa 4,7ha Gesamtfläche zu vorzufinden, der vermutlich durch Brenn- und Bauholzentnahme während des Zweiten Weltkrieges auf das Nachkriegsminimum von etwa 3,1ha reduziert wurde.

Wie im weiteren Verlauf ersichtlich wird, unterlag der Standort maßgeblich seit Anfang der 1950er bis Anfang der 2000er Jahre einer Zunahme der Waldflächen auf Kosten der Offenlandbereiche und sonstiger Flächen. Vermutlich im Winter 2004/ 2005 wurde durch Rodungen im Innenbereich aber auch außerhalb der Anteil der Waldflächen reduziert. Im Vergleich zu 2012, dem neueren Minimum an Waldflächen im Untersuchungsgebiet, festgestellt durch die offizielle Biotopkartierung im Land Berlin, ist eine stetige Zunahme der Waldflächen und ein Rückgang der Offenlandbereiche im Innenbereich aber auch im Katasterbereich bis 2016 zu verzeichnen.

Hintergrund der Zunahme bis 1990 ist die ungestörte Sekundärsukzession im Fort und dessen Rändern bis 1990 durch seine Lage im ehemaligen Grenzsperrgebiet, ausgehend von den spärlichen Waldbeständen im Außenbereich, welche im Jahr 1953 per Luftbild dokumentiert wurden. Waren zur Aufnahme 1953 noch 0,7ha bzw. ca. 17% im Innenbereich bewaldet, waren das 1990 bereits 2,7ha bzw. circa 60%.

Umgekehrt zur Entwicklung der Waldbestände sind Offenlandbereiche sukzessive zurückgegangen, welche inner- und außerhalb des Forts vorzufinden waren und sind. Ein Großteil davon waren bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts Wiesen aber auch Felder. Seit 1990 sind dauerhaft bestellte Felder im 250m Pufferbereich (nördlich der Heerstr.) stark zurückgegangen, und seit Mitte der 2010er Jahre nicht mehr vorzufinden. Wiesenflächen sowie Rohbodenstandorte hatten in den letzten 30 Jahren nur außerhalb des Forts durch die Grenzsperranlagen ein Flächenmaximum.

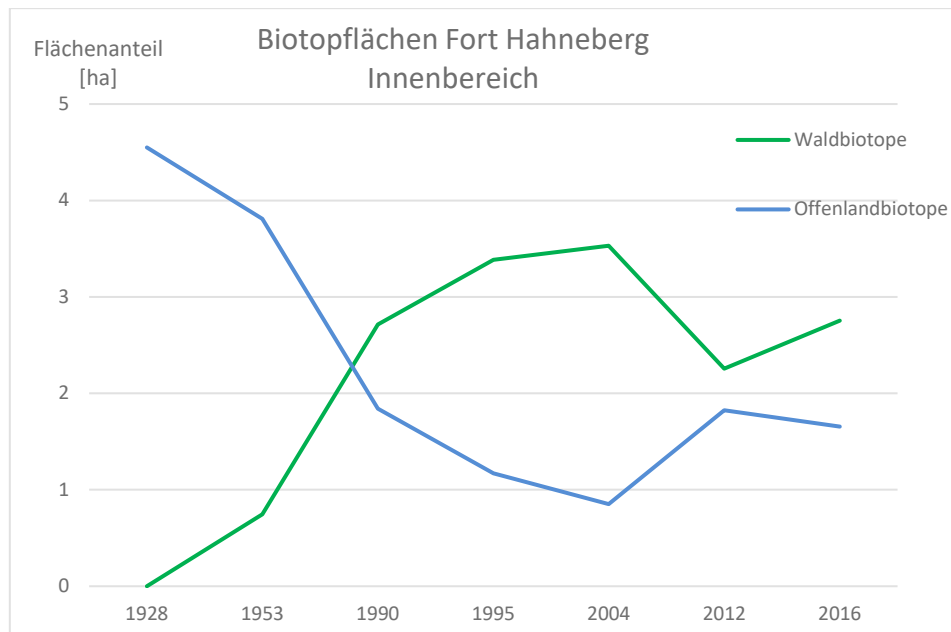


Abbildung 21: Darstellung der Flächenentwicklungen im Innenbereich des Fort Hahnebergs von 1928 bis 2016

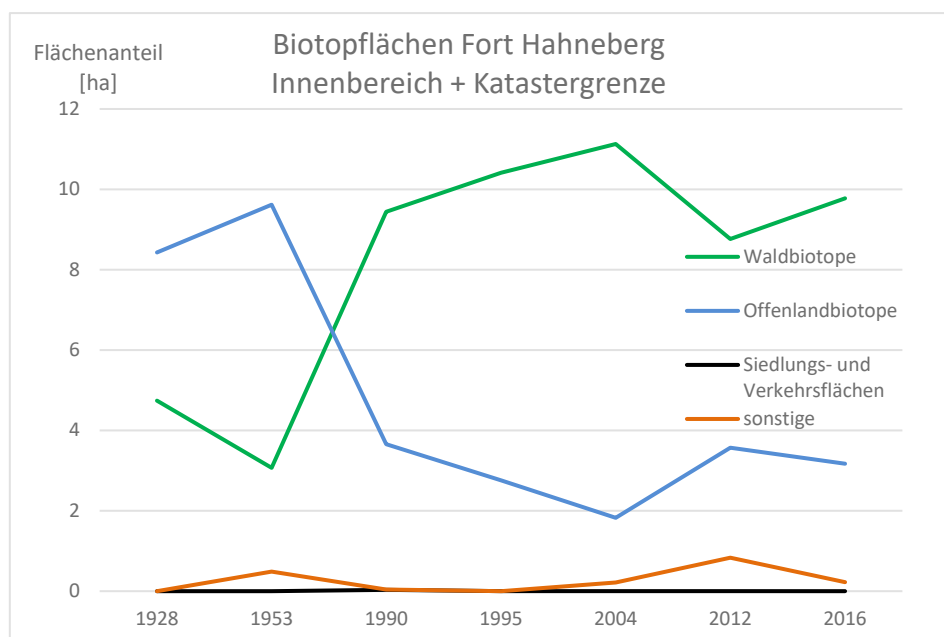


Abbildung 22: Darstellung der Flächenentwicklungen im Innenbereich sowie im Bereich der Katastergrenze des Fort Hahnebergs von 1928 bis 2016

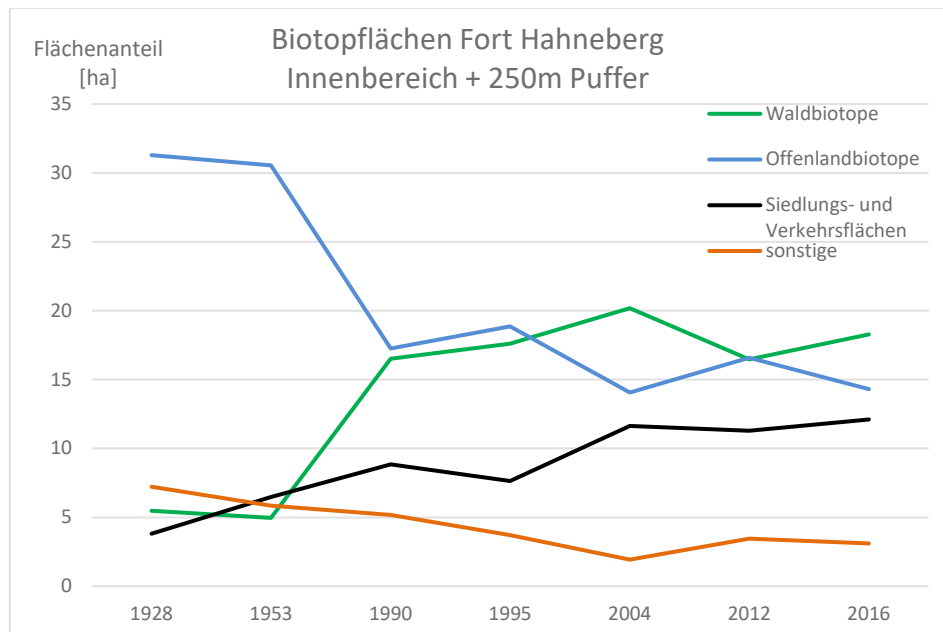


Abbildung 23: Darstellung der Flächenentwicklungen im Pufferbereich 250m um den Innenbereich des Fort Hahnebergs von 1928 bis 2016

Als Abbild der allgemeinen Stadtentwicklung ist eine Zunahme von Siedlungs- und Verkehrsflächen zu verzeichnen, welche im Pufferbereich von 250m um das Fort vorzufinden sind. Die Abnahme dieser Flächen von 1990 zu 1995 ist auf den Rückbau des Grenzüberganges im Norden zurückzuführen (Abb. D-1). Der Großteil dieser Anlagen sowie der Bereich zwischen der eigentlichen Mauer sowie der Hinterlandmauer sind in Offenland überführt worden. Seit 1928 ist nach den Luftbildauswertungen vor allem im westlichen Bereich Offenland in Siedlungsflächen umgewandelt worden. Dieser Bereich ist seit der Wiedervereinigung wieder Teil Berlins.

Die rückläufige Entwicklung von sonstigen Flächen ist nach Auswertungen der Luftbilder ein stetiger Prozess, meist zu Gunsten von Siedlungs- oder Waldflächen.

4.2.1.2 Satellitendatenauswertungen

Am Standort Fort Hahneberg wurden Aufnahmen des Sentinel 2A Satelliten des Jahres 2018 von 5 unterschiedlichen Aufnahmezeitpunkten einer komplexen Bilddatenanalyse unterzogen. Ziel war, mittels der Aufnahme verschiedener jahreszeitlicher Aspekte die Vegetationsdynamik an Standort mittels dieser Aufnahme zu untersuchen. Dies erfolgte mit der Absicht, die Aussagen der angewandten Methodiken mit den Luftbildauswertungen bzw. Daten und Aussagen der Biotopkartierungen zu vergleichen. Im Idealfall sollte es möglich sein, eine *ex-situ* Standorterkundung vor Ort mit hoher Genauigkeit durchführen zu können.

Abbildung E-1 bis E-4 visualisieren die Ergebnisse der angewandten Bildanalysen am Standort. Dargestellte Ausschnitte sind jeweils die Bereiche von 250m um den Innenbereich des Forts. Die Außenlinien des Fort Innenbereiches sowie des 250m Puffers sind jeweils rot mit einer durchgezogenen Linie dargestellt.

Bereits bei niedriger Clusteranzahl werden örtlich vorhandene grundsätzliche Strukturen wie Wald und Offenland verdeutlicht. Zudem steigt bei zunehmender Clusteranzahl die Heterogenität der Ergebnisvisualisierung. Resultierende Flächen der einzelnen Clusterungen wurden per manueller Sichtung und Abgleich der Ergebnisse mit Luftbildern und bekannten örtlichen Strukturen zu den Hauptbiotoptypen Wald, Offenland, Verkehrs- und Siedlungsflächen sowie Sonstige Flächen zugeordnet. Tabelle E-1 bis E-2 stellen diese flächenhafte Auswertung dar. Mittels dieser Auswertung wird deutlich, dass mit zunehmender Clusteranzahl weitere Unterscheidungen der Hauptbiotoptypen möglich sind, wobei die Klassifikationsalgorithmen teilweise unterschiedliche Sensitivitäten aufweisen. So werden z.B. Nadelwaldforstbestände im westlichen Bereich bei der *k-means* Clusterung in SNAP und R bereits nach 5 Clustern deutlich, erscheinen diese im *random forest-k-means* Mix Algorithmus erst bei 7 Clustern. Für den Offenlandbereich kann analog dazu geschlussfolgert werden, dass die Unterschiede in der Artenzusammensetzung über weite Bereiche recht ähnlich sind, da auch erst bei höherer Clusteranzahl (sechs oder mehr) das Offenland aufgegliedert wird. Allerdings zeigt sich auch hier eine unterschiedliche Sensitivität zwischen den Methoden.

Abbildung E-5 verdeutlicht die Ergebnisse der *ex-post* Qualifizierung der verschiedenen Clusteralgorithmen mittels des Silhouette-Algorithmus bei unterschiedlichen Stichprobengrößen (*samples*). Wie ersichtlich, wird bereits bei einer Stichprobenanzahl von 500 ein ähnliches Ergebnis wie bei den höheren Stichprobenanzahlen erreicht. Aus den Indexwerten wird deutlich, dass die Algorithmen bzw. Methoden unterschiedliche Aussagequalitäten bei gleicher Clusteranzahl haben. Haben die *k-means* Algorithmen in SNAP und R x64 3.3.3 bei einer Clustergröße von drei ein Maximum, hat der *random forest-k-means* Algorithmus sein Maximum bereits bei 2 Clustern. Das (*supervised*) *random forest* Modell hat dagegen bei fünf Clustern seine höchste Genauigkeit im Bezug zum Originaldatensatz der Satellitendaten. Alle Maxima sind mit dem Indexwert von etwa 0,36 dabei etwa gleich hoch (Abbildung 24).

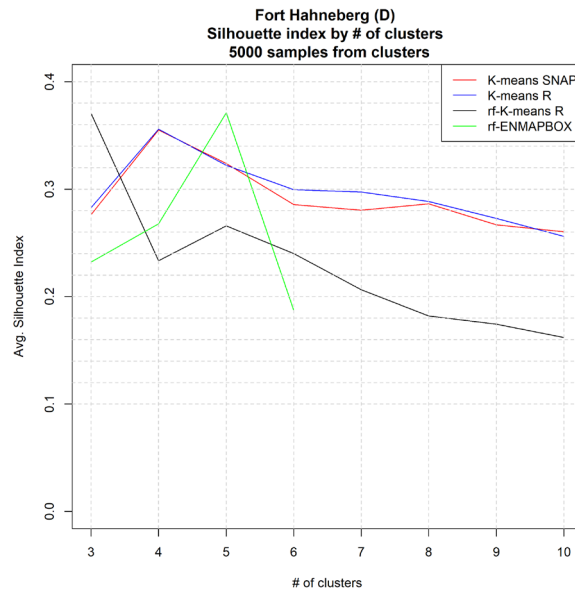


Abbildung 24: Visualisierung der Ergebnisse der *ex-post* Bewertung der verschiedenen Klassifizierungsalgorithmen am Standort Hahneberg mittels des Silhouette Indexes für die in Tabelle B-11 beschriebene Ausdehnung (Stichprobenanzahl 5000 pro Cluster)

Die Auswertungen des C_index gibt ein anderes Bild am Standort Hahneberg unter den beschriebenen Methodiken. Wie in der Abbildung E-6 sowie in Abbildung 25 ersichtlich, steigt mit zunehmender Clusteranzahl die Genauigkeit (je geringer der C_index umso genauer die Clusterung). Ausnahme bildet hier die (*supervised*) *random forest* Klassifizierung in der ENMAPbox. Der „normale“ *k-means* Algorithmus erweist sich bei der C_index Bewertung als der mit der besten Performanz, obgleich die Zunahme der Performanz bei steigender Clusteranzahl relativ gering ausfällt. Im Vergleich zum Silhouette Index erweist sich der eigentlich ähnliche *k-means* Algorithmus der SNAP Toolbox nach der C_index Bewertung mit einer schlechteren Performanz gegenüber den Rx64 3.3.3 Ergebnissen.

In der Tabelle 11 werden die Aussagen der in der clusterCrit Bibliothek zusätzlich benutzten Indices für die Performanzbewertung der *k-means* Clusterung in Rx64 3.3.3 zusammengefasst. Allerdings liegt hier eine Stichprobenanzahl von 2000 zugrunde, da z.B. für den C_index abweichend zur solitären Berechnung (Abbildung 25) durch den Algorithmus keine Werte ermittelt werden konnten. Wie ersichtlich, gibt es ein zwei Maxima: sowohl bei 2 Clustern als auch bei 10 Clustern. 8 Indizes lieferten keine Aussage.

Bei genauerer Betrachtung der einzelnen Ergebnisse in Tabelle E-5 wird deutlich, dass viele Indices über mehrere Clusteranzahlen bezüglich der Bewertungsregeln sehr ähnliche Werte aufweisen, wie z.B. der C_index.

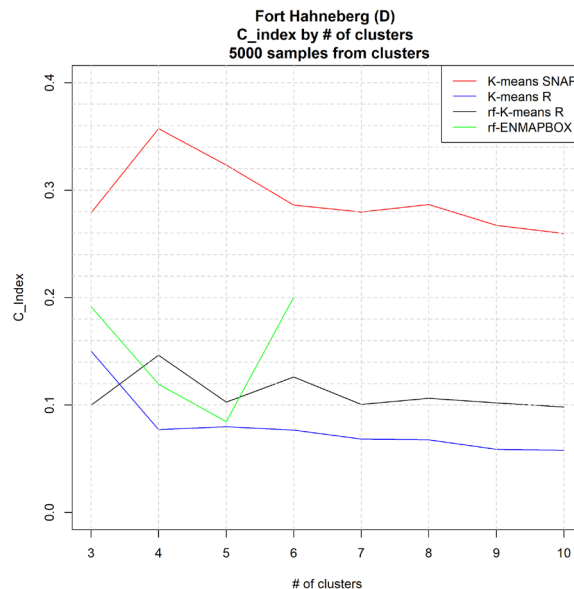


Abbildung 25: Visualisierung der Ergebnisse der *ex-post* Bewertung der verschiedenen Klassifizierungsalgorithmen am Standort Hahneberg mittels des C_Indexes für die in Tabelle B-11 beschriebene Ausdehnung (Stichprobenanzahl 5000 pro Cluster)

Die mögliche optimale Clusteranzahl von 10, auf Basis der clusterCrit Auswertungen des *k-means* in Rx64 3.3.3 würde auf Basis der in Tabelle E-5 dargestellten Aufteilungen für den eigentlichen Innenbereich des Forts Hahneberg plus den 250m Pufferbereich drei Waldtypen, vier Offenlandtypen, plus einen Typ von Siedlungs- und Verkehrsflächen und einen sonstigen Biotoptyp ergeben. 9 von 10 Clustern wären innerhalb dieses Bereiches vorzufinden. Die optimale Clusternanzahl von fünf für die (*supervised*) *random-forest* in der ENMAPbox Modellierung ergibt für den selben Bereich zwei Waldtypen, einen Offenlandtyp, sowie jeweils einen Verkehrs- und Siedlungsflächentyp und sonstigen Typ.

Tabelle 11: Zusammenfassung der Indexanalysen der *k-means* Clusterung mittels der „all“ Option der clusterCrit Bibliothek in Rx64 3.3.3 für den Standort Fort Hahneberg (Ausdehnung nach Tabelle B-11)

		ermittelte beste Clusteranzahl									
Anzahl Indizes	der	keine Aussage	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		8	6	2	3	0	0	0	2	1	6

Die *ex-ante* Klassifizierungsmethode (Ergebnis visualisiert in Abb. E-7) nach Michelangeli *et al.* (1995), Roller *et al.* (2016), Gerlitz *et al.* (2018) ergibt für den Standort die optimale Clusteranzahl von fünf (Abb. E-8). Allerdings findet sich im Vergleich zu den anderen Flächenverteilungen der anderen Klassifizierungsalgorithmen ein anderes Muster wieder. So sind beispielsweise größere Bereiche als Nadelwald klassifiziert. Zugleich sind aber auch die Offenlandbiotope des Innenbereiches im Vergleich zu den anderen Verfahren bei gleicher Clusteranzahl teilweise weniger flächendeckend ausgeprägt oder gleich groß. Nur der *random forest-k-means* Mix weist bei der Clusteranzahl von 5 diese annähernd exakt aus. Teile davon müssen als offene Waldstrukturen oder Saumstrukturen interpretiert werden (Tab. E-3).

Zusammenfassung

Die unterschiedlichen Klassifizierungsalgorithmen ergeben uneinheitliche Resultate bezüglich Flächenverteilungen der Biotoptypen, optimaler Clusteranzahl und Exaktheit der Interpretation zur Verfügung stehender auswertbarer S2A-Satellitendaten des Jahres 2018. Im hochdifferenzierten urban geprägten Raum können benutzte Algorithmen nur bedingt die reale Biotoptypenverteilung identifizieren. Die prinzipielle Verteilung von Wald- und Offenlandstandorten lässt sich aber derart gut identifizieren. Ggf. müssen vorhandene Methoden für diesen Standort speziell angepasst werden, bzw. die Datengrundlage für die Verfahren verfeinert werden. Im letzteren Fall z.B. durch andere Bildausschnitte der nativen Datensätze.

4.2.2 Fort Sarbinowo

4.2.2.1 Luftbildauswertungen

Am Standort Fort Sarbinowo wurden historische Google Earth Aufnahmen der Jahre 2004 und 2018 ausgewertet. Es wurden die Hauptbiotoparten *Wald*, *Offenland durch Walddrodungen*, *Offenland wie Wiesen oder ähnliche Flächen* sowie *Verkehrsflächen* identifiziert. Grundlage der Auswertungen war der 1000m Pufferbereich um das Fort selbst. Andere historische Luftbildaufnahmen standen für die Darstellung der Biotopflächenentwicklungen vor Ort nicht zur Verfügung.

Auf Basis einer vermutlich um 1920 bis 1921 entstandenen Karte (Abb. D-4, Ł. Pardela, pers. Komm.) wurden die dortigen Wald- und Offenlandflächen digitalisiert (Abb. D-5).

Daten der Biotopflächenentwicklungen für das Fort und die Pufferbereiche 250, 500 und 1000m sind in Tabelle D-2 im Anhang D aufgeführt. Eine kartenbasierte Visualisierung der Ergebnisse für 2004 und 2018 findet sich in Abb. D-6 und D-7.

Wie in der zusammenfassenden Darstellung der Abbildung 26 ersichtlich wird, hat sich im Betrachtungszeitraum 2004 bis 2018 der Anteil der eigentlichen Offenlandflächen von 74ha auf 30ha reduziert. Der Anteil der Offenlandflächen infolge von Waldrodungen erhöhte sich leicht. Dagegen nahm der Anteil der Waldflächen zu, da diese durch Sukzessionsdruck die Offenlandbereiche besiedelt haben.

2004 konnten keine Offenlandbereiche, wie Wiesen, im Fort identifiziert werden. Auch die Glacis des rechten Kehlgrabens war zu diesem Zeitpunkt bewaldet, obgleich Abbildung D-6 hier Offenland vermuten lässt. Begründet wird dies mit Projektions- und Geometrieänderungen bei der Umwandlung von *.kml in *.shp Dateien in QGIS.

Es wird vermutet, dass das Fort gegen Ende des zweiten Weltkrieges noch gänzlich unbewaldet war. Auch für die Zeit um 1920 wird ein offener unbewaldeter Zustand für das Fort angenommen. Im Pufferbereich von 1000m wird zu diesem Zeitpunkt mit einer Offenlandfläche von etwa 172ha gerechnet, ca. 41% der insgesamt 416ha. Der Großteil davon in südlichen bis südöstlichen Bereich des Forts.

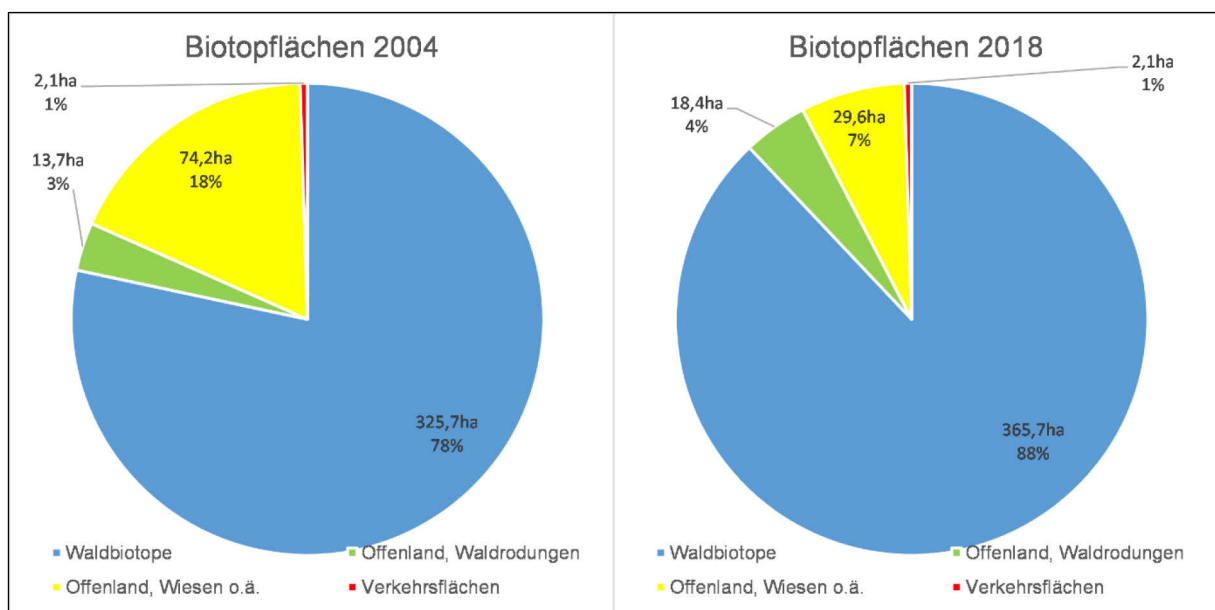


Abbildung 26: grafische Darstellung der Biotopflächenverteilung 2004 und 2018 im Vergleich im Pufferbereich von 1000m um das Fort Sarbinowo nach Auswertungen der historischen Luftbildaufnahmen aus Google Earth

Die Bewaldung der Offenlandflächen der jüngeren Vergangenheit ist vermutlich auf eine nicht überall existente Wiesenbewirtschaftung zurückzuführen. Nur bestimmte Bereiche werden offensichtlich bewirtschaftet, so z.B. die Wiese am südlichen Haupteingang zum Fort.

Eine beabsichtigte Nutzungsumwidmung zwischen 1920 und 2004 wird für die jetzigen Kiefernforstbestände zu Lasten der damaligen Offenlandbereiche angenommen, welche sich südlich des Forts befanden.

4.2.2.2 Satellitendatenauswertungen

Am Standort Fort Sarbinowo wurden Aufnahmen der Sentinel 2A und 2B Satelliten des Jahres 2018 von 9 unterschiedlichen Aufnahmezeitpunkten einer komplexen Bilddatenanalyse unterzogen. Die Zeitreihe umfasst den Zeitraum Anfang April bis Mitte August.

Abbildung E-9 bis E-11 visualisieren die Ergebnisse der angewandten Bildanalysen am Standort. Die visualisierten Ergebnisse basieren auf 100 Iterationsschritten in allen Algorithmen. Dargestellte Ausschnitte sind jeweils die Bereiche von 1000m (schwarze Umrandung), 500m (blaue Umrandung) und 250m (cyan Umrandung) um den Innenbereich des Forts (rote Umrandung). Der betrachtete Bereich von 1000m Puffer um das Fort bedingt sich aufgrund relativ geringer Anzahl und Flächengrößen von Störfaktoren, wie Straßen.

Bei genauer Betrachtung der Klassifizierungsergebnisse wird deutlich, dass bei einer Klassenanzahl von drei örtliche Waldflächen prinzipiell realitätsgerecht in Nadel- und Laubholzwald unterteilt werden, unabhängig vom verwendeten Algorithmus. Ab einer Clusteranzahl von vier wird der Laubwald nochmal unterteilt. Die vorhandene Straße im Untersuchungsgebiet wird in allen Varianten nicht als eigenständige Klasse herausgestellt. Bei höheren Klassenanzahlen steigt erwartungsgemäß die Heterogenität der Klassenvisualisierung, die zum Teil inhaltlich nicht mehr nachvollzogen werden kann. Dies betrifft sowohl die Offenlandstandorte als auch die Waldstandorte. Die Waldrodungsflächen werden bei keinem Algorithmus, auch nicht bei höherer Klassenanzahl, als eigenständige Flächen identifiziert. Diese sind in den Auswertungen immer ähnlich zu anderen Offenlandstandorten, meist zu denen im südlichen Bereich der 1000m Pufferzone.

Wie in den Abbildungen E-2 und E-3 ersichtlich, ist bereits ab einer Stichprobenanzahl von 500 eine grundsätzliche Aussage hinsichtlich einer optimalen Clusteranzahl erkenntlich. Zudem sind die Algorithmen bei 100 Iterationen nicht erkennbar genauer gegenüber 30 Iterationen. Die

k-means Algorithmen weisen sowohl bei der Betrachtung des Silhouette als auch des C_index eine bessere Performanz gegenüber dem *random forest-k-means* Mix auf.

Die Auswertungen der Satellitendatenaufnahmen des Jahres 2018 ergab bezüglich der Zuordnungen zu den in Kapitel 4.2.2.1 erwähnten Biotoparten ein abweichendes Bild. Nach den Auswertungen des Silhouette Indexes der am besten performenden Klassifizierungen, SNAP *k-means* und R x64 3.3.3 *k-means* bei 100 Iterationen, sind drei Hauptbiotoparten herauszustellen: *Nadelwald*, *Laubwald* und *Offenland*. Der C_index gibt eine optimale Clusteranzahl von sechs an, die mittels der R x64 3.3.3 *k-means* Klassifizierung ermittelt wurde. Die Bewertung des SNAP *k-means* Algorithmus‘ folgt prinzipiell den R basierten Mustern, weicht aber bei der Bewertung mittels des C_index bei der potentiellen optimalen Clusteranzahl von sechs von der Tendenz ab (Abbildung 28). Ähnliches gilt für die Silhouette Index Bewertung (Abbildung 27).

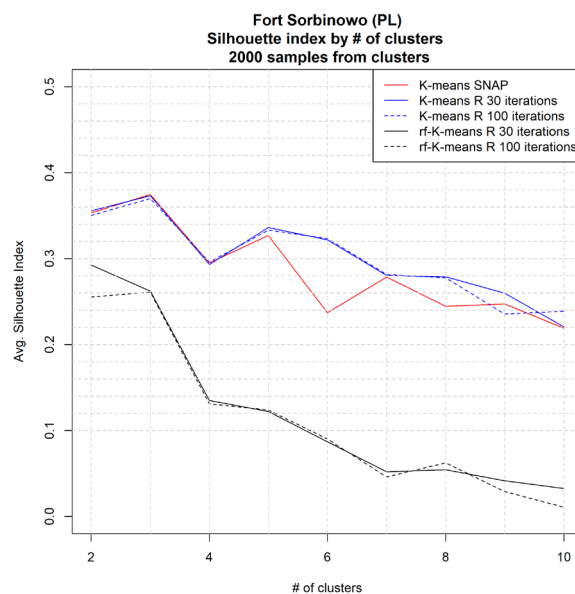


Abbildung 27: Visualisierung der Ergebnisse der *ex-post* Bewertung der verschiedenen Klassifizierungsalgorithmen am Standort Fort Sarbinowo mittels des Silhouette Indexes für die in Tabelle B-11 beschriebene Ausdehnung (Stichprobenanzahl 2000 pro Cluster)

Bei der Auswertung von 28 Indexanalysen ergibt sich die häufigste (N=7) ideale Clusteranzahl von drei und folgt damit der Silhouette Index Bewertung (Tabelle 12). Acht Indizes lieferten keine Bewertung. Die Stichprobenanzahl von 2000 wurde hier verwendet, um im jeden Fall eine Vergleichbarkeit mit dem C_index herzustellen, da dieser aus unbekannten Gründen keine Ergebnisse für eine Stichprobenanzahl von 5000 lieferte (Abb. E-4).

Die *ex-ante* Bewertung ergibt ebenfalls eine optimale Clusteranzahl von drei (Abb. E-5 und E-6).

Auf Basis der herausgestellten optimalen Clusteranzahl von drei ergibt sich die Biotopflächenanteile innerhalb des 1000m Puffers der betrachteten Algorithmen nach Tabelle E-8. Im Vergleich ergeben sich identische Flächenanteile bei der SNAP und Rx64 3.3.3 *k-means* Klassifizierung. Der *random forest-k-means* Mix überbewertet im Vergleich dazu in allen Zonen die Anteile des Offenlandes. Dieser identifiziert auch insgesamt 500m² Offenland innerhalb des Forts. Der *ex-ante* Algorithmus weist im Fort richtigerweise kein Offenland aus, im Vergleich zu den reinen *k-means* Clusterungen in allen anderen Bereichen aber mehr. Bei den Waldtypen zeigt sich bei diesem ein uneinheitliches Bild im Vergleich zu den anderen Algorithmen.

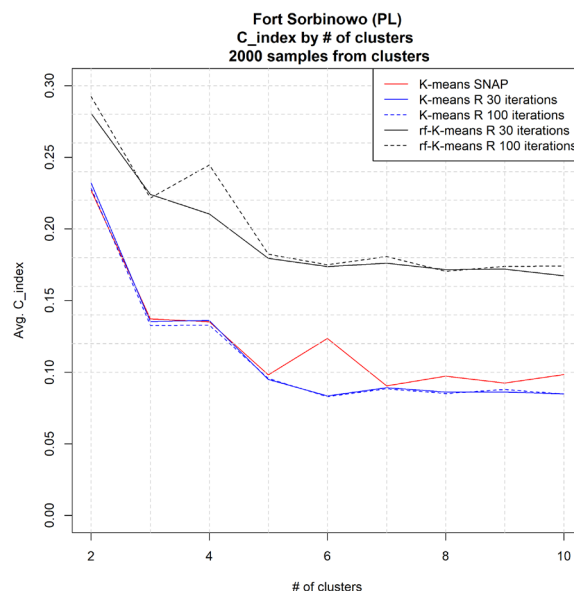


Abbildung 28: Visualisierung der Ergebnisse der *ex-post* Bewertung der verschiedenen Klassifizierungsalgorithmen am Standort Fort Sarbinowo mittels des C_indexes für die in Tabelle B-11 beschriebene Ausdehnung (Stichprobenanzahl 2000 pro Cluster)

Die Verteilung der Waldtypen Nadel- oder Laubwald innerhalb des Forts aber auch außerhalb deckt sich weitgehend mit den zur Verfügung stehenden Luftbildaufnahmen desselben Jahres. Es wird davon ausgegangen, dass diese nahezu vollständig exakt erfasst wurden. Im Pufferbereich von 1000m sind sowohl die Flächenanteile der Offenlandflächen als auch der Waldflächen nahezu deckungsgleich mit den Auswertung der Luftbildaufnahme von April 2018 mittels Google Earth. Für den 500m und den 250m Bereich um das Fort liefert die *ex-ante* Methode gegenüber der Google Earth-Aufnahmeauswertung die ähnlichsten Ergebnisse. Der

random forest-k-means Mix weicht von allen anderen Ergebnissen stark ab. Folgend dieser Auswertung wird davon ausgegangen, dass im Fort die *ex-ante* Methode realitätsnahe Flächenanteile von Laub- und Nadelwald identifiziert hat. Es würden damit im Fort im Jahr 2018 3,52ha Laubwald und 1,57 ha Nadelwald existieren.

Tabelle 12: Zusammenfassung der Indexanalysen der *k-means* Clusterung mittels der „all“ Option der clusterCrit Bibliothek in Rx64 3.3.3 für den Standort Fort Sarbinowo (Ausdehnung nach Tabelle B-11)

		ermittelte beste Clusteranzahl									
		keine Aussage	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Anzahl	der	8	2	7	1	1	2	2	0	0	5
Indizes											

Zusammenfassung

Die unterschiedlichen Klassifizierungsalgorithmen ergeben teils abweichende Resultate bezüglich einer optimalen Clusteranzahl und Exaktheit der Interpretation zur Verfügung stehender auswertbarer S2A und S2B-Satellitendaten des Jahres 2018.

Die prinzipielle Verteilung von Wald- und Offenlandstandorten lässt sich im rural geprägten Raum um das Fort Sarbinowo mit den benutzten Verfahren gut identifizieren. Einfache *k-means* Klassifizierungen reichen hierfür aus. Für eine Exaktheitssteigerung müssen allerdings komplexere Verfahren gewählt werden. Die Differenzierung von Laub- und Nadelwaldstrukturen tritt bereits bei niedriger Klassenanzahl auf. Offenland lässt sich, zwar undifferenziert, derart gut identifizieren. Anthropogene Strukturen wie Straßen werden durch die Kronenstrukturen maskiert. Eine Ausdifferenzierung der verschiedenen lokalen Offenlandtypen, Waldrodungen und Wiesen, lassen benutzte Verfahren nicht zu. Dies kann durchaus begründet sein. Vergleichende Biotopkartieraufnahmen konnten hierfür aber nicht benutzt werden.

4.2.3 Kaunas

4.2.3.1 Luftbildauswertung

Am Standort Kaunas wurden die verfügbaren freien Luftbildaufnahmen von Google Earth hinsichtlich der Hauptbiotoparten Wald-, Offenland-, Siedlungs-, Verkehrs- und Wasserflächen ausgewertet. Diese wurden über GIS Systeme polygonisiert. Verwendete Luftbildaufnahme für den Standort Kaunas ist die Aufnahme vom 15. September 2014, da die verfügbaren des Jahres 2015 und 2016 ungünstige Wolkenbedeckungen aufwiesen. Es kann davon ausgegangen

werden, dass der Zustand 2014 mit den Zuständen von 2016 bei beiden Forts prinzipiell übereinstimmt. Vergleiche hierzu die Luftbildaufnahmen in Google Earth in der *timeline* Funktion zwischen 2015 und 2016. Ggf. sind besser aufgelöste kostenpflichtige Luftbildaufnahmen unter www.geoportal.lt (GIS-centras, 2007) verfügbar.

Entsprechend obiger Unterteilungen wurden Flächen und die Standorte Fort IV und Fort V polygonisiert. Maximaler Abstand war dabei der 1000m Pufferbereich, welcher sich aus den LiDAR Daten der einzelnen Forts ergab.

Felder, Wiesen und unbebautes Brachland sind als Offenland auskartiert worden. Die Auskartierung von Wald erfolgte so, dass auch offensichtliche Sukzessionsstadien sowie lichte Baumbestände mit schätzungsweise >50% Baumbestand als Wald klassifiziert wurden. Liegt der Bestand darunter, wurde dieser als Offenland auskartiert. Siedlungsflächen und Offenlandflächen sind nicht immer klar voneinander trennbar gewesen, da die Strukturen oftmals vermischt und nicht gänzlich klar sind. Insbesondere betrifft dies angedachte oder im Ausbau begriffene Siedlungsgebiete oder die teilweise großen Außenbereiche einzelner Bau- und Siedlungsstrukturen. Hier mag es durch andere Digitalisierungsmethoden zu Abweichungen kommen. Zu Verkehrsflächen gehören auch die oft nicht asphaltierten Kleinststraßen als Einzelzubringer zu Häusern. Diese wurden den Siedlungsflächen zugeordnet. Es kann aber nicht ausgeschlossen werden, dass im Offenland auch nicht asphaltierte Wege, wie landwirtschaftliche Wege, oder freie Sandflächen vorkommen. Letztere weisen aber keine sichtbaren Bebauungen auf.

Es war möglich historische Luftbildaufnahmen des Jahres 1944 (Maßstab 1:10.000) für die Standorte zu sichten. Analog obiger Verfahren wurden die Flächen polygonisiert. Betrachtet wurde hier aber nur der Bereich im 500m Puffer um die Forts, da diese die Sukzession im und um das Fort am besten repräsentieren. Zudem war es aus technischen Gründen nicht möglich, einen größeren Ausschnitt zu betrachten. Die verfügbaren historischen Luftbildaufnahmen „hist. Orthofotos“ (GIS-centras, 2007) wurden als digitale Bilder abgespeichert und innerhalb der verwendeten GIS Systeme auf Basis der LiDAR Daten der Forts georektifiziert. Zusätzlich wurden andere persistente Strukturen als Anker verwendet. Dies ergab eine Verbesserung der ursprünglichen Lagepunkte. Bei der Auskartierung der Offenland und Siedlungsflächen sind Fehler nicht auszuschließen, da die vorhandenen schwarz-weiß Aufnahmen nicht in allen Bildteilen kontrastreich genug waren. Das gleiche gilt für kleinere Wasserflächen in der Umgebung, v.a. des Forts IV. Durch den größeren Maßstab im Vergleich zu neueren Aufnahmen

sind zudem größere Abweichungen zu damaligen Status quo wahrscheinlich. Die Aussagen von 1944 sind daher nur als richtungsweisend aufzufassen.

Es wurden vorhandene Corine Land Cover Datensätze der Jahre 1995, 2000, 2012 und 2018 (Tabelle B-8) ausgewertet, um sowohl deren Aussagen mit eigenen Ergebnisse zu vergleichen als auch historische Veränderungen der Standorte zu analysieren.

Fort IV

Im Jahr 1944 war das Fort IV komplett baumfrei (Abb. D-3) und bestand nur aus Offenland.

Das Fort IV war im Jahr 2011 nach Auswertungen der Luftbilder in Google Earth im Fort komplett mit Baumbestand bedeckt. Dieser wurde vermutlich während des Winters 2011/12 beseitigt, so dass spätestens im Frühjahr 2013 der Innenbereich komplett baumfrei war. Dies blieb bis zum Kartierzeitpunkt 2014 (Luftbild) bzw. 2015 (Biotopkartierungen). Eine Flächenkartierung des Zeitpunktes vor der Entkusselung wurde nicht durchgeführt.

Wie in Tabelle D-1 dargestellt, veränderte sich die Umgebung des Forts zwischen 1944 und 2014. Maßgeblich ist hier die Zunahme des Waldbestandes um den Faktor 3 im Pufferbereich 250m, aus natürlicher Sukzession bestehender Waldstrukturen und Baumgruppen und der Siedlungsstrukturen, ca. Faktor 4 im Pufferbereich 250m und 500m, zu Ungunsten des Offenlandes, ca. -50% im Bereich 500m, zu beobachten. Die Verkehrsflächen im Pufferbereich von 250 und 500m sind in etwa gleich geblieben.

Die weitere Siedlungsausdehnung findet derzeit (Stand 2019) mit einer Flächenumwidmung insbesondere von Offenland im südöstlichen Vorland des Forts IV statt. Mit einer weiteren Ausdehnung der Siedlungsflächen, auch zu Ungunsten von Waldflächen ist v.a. auch im westlichen und südöstlichen Vorland in den nächsten Jahren zu rechnen.

Die CLC Analyse der Zeitreihe ergab einen annähernd gleichen Flächenanteil der lockeren urbanen Flächen, CLC 112 - Nicht durchgängig städtische Prägung (Tabelle D-2). Unter der Berücksichtigung der Hauptgruppen findet sich eine Zunahme aller anthropogen beeinflussten Landnutzungstypen (CLC-Hauptgruppe 1) zu Lasten der landwirtschaftlichen Flächen (CLC-Hauptgruppe 2). Wälder und naturnahe Flächen (CLC-Hauptgruppe 3) sind im Zeitraum 1995 bis 2018 etwa gleich groß geblieben. (Tabelle D-3). 25,3% Waldflächen und 39,5% Offenland der Luftbildanalyse des Standortes von 2014 stehen hier gegenüber 21,7% bzw. 34,9% im CLC

Datensatz 2018. In der Konsequenz sind die Flächen annähernd gleich groß. Im Detail findet aber durch manuelle Interpretation hier eine deutlich andere Zuordnung statt (Abb. D-10).

Fort V

Im Jahr 1944 war das Fort V im Innenbereich nur in Teilen, ca. 12%, baumbedeckt, der Rest bestand aus Offenland. Zwischen 1944 und 2014 kehrte sich das Verhältnis um. (Tabelle D-4 und Abb. D-4. Diese Zunahme der Waldflächen innerhalb des eigentlichen Forts korrespondiert mit einer allgemeinen Waldflächenzunahme in der Umgebung. So ist mindestens eine Verdoppelung der Waldflächen in den Pufferbereich von 250 und 500m zwischen 1944 und 2014 festzuhalten.

Eine dazu überproportionale Zunahme ist bei der Siedlungsflächenentwicklung zu beobachten. Innerhalb des 500m Bereichs um das Fort V sind aus ursprünglich etwa 4ha Siedlungsflächen bis 2014 ca. 33ha geworden. Mit Stand September 2019 der verfügbaren Luftbilder in Google Earth ist dieser Anteil nicht wesentlich gestiegen. Eine Zunahme ist in den nächsten Jahren zu erwarten, da zusätzliche erschließende Verkehrsflächen im südwestlichen Nahbereich des Forts angedeutet sind.

Die Zunahme der Wasserflächen im nördlichen Bereich ist auf die Errichtung des „Kaunasser Meeres“ (*Kauno marios*) zurückzuführen. 1959 wurde der Nemunas zur Wasserkraftgewinnung vor Kaunas angestaut.

Diese Entwicklungen sind äquivalent zur Entwicklung am Fort IV mit einer drastischen Abnahme der Offenlandflächen verbunden.

Die CLC Analyse der Zeitreihe ergab eine Zunahme der lockeren urbanen Flächen, CLC 112 - Nicht durchgängig städtische Prägung (Tabelle D-5). Unter der Berücksichtigung der Hauptgruppen findet sich eine Zunahme aller anthropogen beeinflussten Landnutzungstypen (CLC-Hauptgruppe 1) zu Lasten der landwirtschaftlichen Flächen (CLC-Hauptgruppe 2). Wälder und naturnahe Flächen (CLC-Hauptgruppe 3) haben im Zeitraum 1995 bis 2018 allgemein sehr geringe Flächenanteile. (Tabelle D-6). 20,7% Waldflächen und 20,6% Offenlandbiotope der Luftbildanalyse des Standortes von 2014 stehen hier gegenüber 0,3% bzw. 32,2% im CLC Datensatz 2018. Die CLC Auskartierung deckt nicht den realen Zustand ab, da viele manuell auskartiert Waldflächen v.a. städtischen Grünflächen (CLC 141) oder Sport- und Erholungsflächen (CLC 142) zugeordnet werden und bebaute Gebiete als Offenland (CLC 242 oder 243) auskartiert wurde. (Abb. D-11).

Zusammenfassung

In beiden Umgebungen sind zwischen 1944 und 2014 die Offenlandflächen deutlich zurückgegangen. Nach der Luftbildanalyse von 1944 wird vermutet, dass der Großteil des Offenlandes aus kleinparzelligen Landwirtschaftsflächen bestand, mit etwa gleich großen Teilen von Äckern und Wiesen. 2014 dominierten hier Wiesenflächen mit einem geschätzten Anteil von 60%. Äcker und Brachflächen hatten 2014 etwa gleich große Flächenanteile. Reste der kleinparzelligen Strukturen finden sich in aktuellen Siedlungsmustern und Strukturen wieder.

Die Waldflächen unterlagen zwischen den Zeitpunkten einer deutlichen Zunahme. Die stattfindende natürliche Sukzession betraf alle Forts. Fort V ist aktuell nahezu gänzlich baumbedeckt. Fort IV wurde vermutlich im Winter 2011/2012 komplett entkusselt.

Die Abnahme der Offenlandflächen ist zum großen Teil auf die Ausweitung von Siedlungsflächen in den ehemaligen stadtfernen Festungs-Rayons zurückzuführen. Insbesondere betrifft dies die Umgebung des Fort V aber auch andere Fort am südliche Ufer des Nemunas, wie in durch die Flächenentwicklungen des CLC Typs 112 zwischen 1995 und 2018 dargestellt wird (Tabelle D-7).

Es wird erwartet, dass innerhalb der nächsten 10 Jahre nahezu alle Offenlandflächen außerhalb der Forts in Siedlungsbereiche und Verkehrsflächen umgewandelt werden. Eine Abnahme der Waldflächen wird vermutlich auch stattfinden, eine Abnahme um maximal 30% bis 2030 im Pufferbereich von 1000m jeweils um jedes Fort wird prognostiziert. Dies wird vermutlich nur die Sukzessionsflächen betreffen.

Die Corine Land Cover Klassifizierung ist derzeit nicht exakt genug, um sie als alleinige Basis für Flächennutzungsveränderungen der Standorte zu verwenden, wie am Standort Fort V aber auch am Standort Fort IV gezeigt werden konnte. Insbesondere betrifft dies die Zuordnung der Offenlandbiotope und Waldflächen aber auch die „Auskartierung“ lockerer Siedlungsgebiete. Mit zunehmender Genauigkeit verwendeter Satellitendaten kann hier ggf. die untere Flächengrößenschwelle von derzeit 25ha (*minimum mapping unit*) verringert werden und die Exaktheit der thematischen Zuordnung (*thematic accuracy*) von derzeit $\geq 85\%$ weiter verbessert werden (Copernicus Programme, 2019).

4.2.3.2 Satellitendatenauswertung

Äquivalent zu den Standorten Fort Hahneberg und Fort Sarbinowo wurde die Standorte Fort IV und Fort V Kaunas einer komplexen Bilddatenanalyse unterzogen (Tab. B-9 und B-10).

Die visualisierten Ergebnisse basieren auf 100 Iterationsschritten in allen Algorithmen. Dargestellte Ausschnitte sind jeweils die Bereiche von 1000m (schwarze Umrandung), 500m (blaue Umrandung) und 250m (cyan Umrandung) um den Innenbereich des Forts (rote Umrandung). Der betrachtete Bereich von 1000m Puffer um das Fort bedingt sich aufgrund relativ geringer Anzahl und Flächengrößen von Störfaktoren, wie Straßen.

Fort IV

Abbildungen E-7 bis E-8 visualisieren die Ergebnisse der angewandten Bildanalysen am Standort Kaunas Fort IV. Die Abbildungen E-9 und E-10 geben grafisch die Genauigkeit der Bildanalyse mittels des C_indexes und des Silhouette Indexes für die verwendeten Klassifizierungen wieder. Tabelle 13 fasst die komplexe Auswertungen weiterer Indices aus der Tabelle E-3 zusammen.

Wie in Tabelle 13 deutlich wird, sagt der Großteil der Indices aus, dass bei verwendeten Methoden die optimale Clusteranzahl bei 2 liegt. Das heißt es findet eine Trennung zwischen Land und Wasser statt (Abb. E-11 bis E-12). Die *random forest-k-means* Mix Auswertung klassifiziert bei dieser Klassenanzahl anders und stellt zum eigentlich Flusslauf des Nemunas auch Waldgebiete.

Tabelle 13: Zusammenfassung der Indexanalysen der *k-means* Clusterung mittels der „all“ Option der clusterCrit Bibliothek in Rx64 3.3.3 für den Standort Fort IV Kaunas (LT) (Ausdehnung nach Tabelle B-11)

		ermittelte beste Clusteranzahl									
		keine Aussage	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Anzahl	der	7	11	3	0	1	1	1	0	0	4
Indizes											

Davon abweichend ergibt die Auswertung des *ex-ante* Algorithmus eine optimale Clusteranzahl von 3 als optimale Clusteranzahl für den Standort Fort IV Kaunas (Abb. E-22). Die visuelle Klassifizierung des Standortes ist in Abb. E-13 dargestellt. Hier werden die Klassen Wasserflächen, Grünflächen inklusive Wald- und Offenlandflächen sowie Siedlungs- und Verkehrsflächen auskartiert.

Fort V

Abbildungen E-14 bis E-15 visualisieren die Ergebnisse der angewandten Bildanalysen am Standort Kaunas Fort V. Die Abbildungen E-16 und E-17 geben grafisch die Genauigkeit der Bildanalyse mittels C_index und Silhouette Index für die Klassifizierungen wieder. Tabelle 14 fasst die komplexen Auswertungen weiterer Indices aus der Tabelle E-10 zusammen.

Wie in Tabelle 14 deutlich wird, sagt der Großteil der Indices aus, dass bei der verwendeten Methoden die optimale Clusteranzahl bei 2 liegt. Das heißt es findet eine Trennung zwischen Land und Wasser statt (Abb. E-18 bis E-19).

Tabelle 14: Zusammenfassung der Indexanalysen der *k-means* Clustering mittels der „all“ Option der clusterCrit Bibliothek in Rx64 3.3.3 für den Standort Fort V Kaunas (LT) (Ausdehnung nach Tabelle B-11)

		ermittelte beste Clusteranzahl									
		keine Aussage	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Anzahl	der	7	14	3	0	0	1	1	0	0	2
Indizes											

Davon abweichend ergibt die Auswertung des *ex-ante* Algorithmus eine optimale Clusteranzahl von 5 als optimale Clusteranzahl für den Standort Fort V Kaunas (Abb. E-29). Die visuelle Klassifizierung des Standortes ist in Abbildung E-20 dargestellt. Hier werden die Klassen Wasserflächen, Grünflächen inklusive Wald- und Offenlandflächen sowie Siedlungs- und Verkehrsflächen auskartiert.

Zusammenfassung

Verwendete Algorithmen reagieren auf die größeren Wasserflächen im Gebiet unterschiedlich stark. Die C_index und Silhouette Performanzbewertung liefert unterschiedliche Aussagen zur Aussagegenauigkeit der Klassifizierung der Landnutzungsmuster. Die Bewertung der Klassifikationsergebnisse mittels verschiedener Indices ergab, vermutlich bedingt durch die größeren Wasserflächen, eine empfohlene Klassenanzahl von zwei, Wasser und Land (11 von 28 bzw. 14 von 28 Indices). Die optimalen Klassenanzahlen für die Standorte Fort IV und Fort V Kaunas des *ex-ante* Algorithmus korrespondieren nicht mit den Auswertungen der Performanz-Indices. Der *ex-ante* Algorithmus hat in allen Fällen eine weitere Präzisierung vorgenommen, und konnte dabei v.a. Verkehrs- und Siedlungsflächen nach Bewertung sehr exakt herausstellen. Am Standort Fort V konnte durch den *ex-ante* Algorithmus eine weitere Unterteilung der Landflächen (vier landbürtige Klassen) vorgenommen werden. Offenland und

Waldflächen können hier gegenüber dem Ergebnis für das Fort IV recht genau identifiziert werden. Die Stichprobengrößen für eine Performanzbewertung sind nur bedingt relevant. Gegebenenfalls sind komplexe Indexauswertungen mehrfach zu wiederholen, um den Einfluss der Wasserflächen zu relativieren.

In den Silhouette und C_index Auswertungen wird deutlich, dass die Iterationsschritte innerhalb der Algorithmen sehr stark die Aussagegenauigkeit beeinflussen: je größer die Iterationsanzahl umso höher die Genauigkeit.

Um die Rechenzeit der Indexbewertung bei einer Indexauswertung zu verbessern, kann die Stichprobenanzahl einzelner Indices pro Cluster je nach Bedarf und Datenmenge reduziert werden, wenn gleichzeitig eine mehrfache Wiederholung durchgeführt wird. Die Ergebnisse unterschiedlicher Stichprobenanzahlen und Wiederholungen sind für den Standort Kaunas V für den Silhouette Index in Tabelle 15 aufgeführt.

Tabelle 15: Übersicht der Rechenzeiten für die Satellitendatenanalysen am Standort Fort V Kaunas (LT) bei unterschiedlichen Umgebungsvariablen

Stichproben- anzahl pro Cluster	Wieder- holungen	Laufzeit unter Rx64 3.3.3	Mittelwert / Standardabweichung des Silhouette Index bei 2 Clustern für <i>k-means</i> Algorithmus bei 100 Iterationen
10	10	1,01559 min 35,44508 s (doparallel, cl=6)	0,75844059 / 0,04171095 0,7944473 / 0,04105700 (doparallel, N=6)
100	10	1,421566 min 42,81824 s (doparallel, cl=6)	0,7864241 / 0,013406584 0,7845463 / 0,018740141 (doparallel, N=6)
100	100	13,20247 min 6,987459 min (doparallel, cl=6)	0,78653311 / 0,01361435 0,7839217 / 0,016202085 (doparallel, N=6)
1000	10	47,35228 min 19,69218 min (doparallel, cl=6)	0,78403125 / 0,00463954 0,7839019 / 0,015213600 (doparallel, N=6)

4.3 Auswertung der Biotop-Verbundräume und Anschlussstellen in der näheren Umgebung

4.3.1 Fort Hahneberg

Wie bereits angedeutet, überlagern sich am Standort Fort Hahneberg mehrere Schutzgebietskategorien oder grenzen aneinander (Abb. F-1).

Zusätzlich wurden als Folge der Biotopkartierung 2012 im Fort selbst als auch im Pufferbereich naturschutzrelevante Biotopflächen ausgewiesen (Abb. F-2). Diese sind primär zwar floristisch bedingt und begründbar, dienen aber auch der faunistischen Naturraumqualität des Gesamtstandortes, da vor allem die trockenen und halbtrockenen Offenlandstandorte prinzipielles Jagdrevier der lokalen *Microchiroptera*-Fauna sein könnten. Zusätzlich sind die ausgewiesenen geschützten Offenlandbiotope Reminiszenzen der lokalen Geschichte, haben also quasi einen Denkmalwert an sich und sind im regionalen und lokalen Kontext bedeutend, da diese Typen sukzessive verschwinden.

Die in Kapitel 4.2.1 angedeuteten Veränderungen der Flächennutzungen der letzten Dekaden zeigen, dass diese Standorte durch urbane Entwicklungen gefährdet sind, auch wenn durch das LSG Fort Hahneberg und die großen ungeschützten Offenlandflächen im angrenzenden Brandenburg ein gewisses Ausgleichspotential existiert. Allerdings zeigen die Sukzessionentwicklungen am Standort auch, dass nicht nur die Offenlandbiotope innerhalb sondern auch außerhalb der eigentlichen Schutzgebiete oder des Forts der Wiederbewaldung und damit dem langfristigen Verschwinden ausgesetzt sind.

Das Fort Hahneberg ist durch seine Historie sowohl geschichtlich als auch floristisch und faunistisch interessant. Ein natürliches Ökosystem stellt der Standort aber nicht dar. Das Fort und seine „Natur“ ist ein anthropogen geschaffenes und entstandenes *Novel Ecosystem*, bei dem der direkte Flächenkontakt zur näheren Umgebung (noch) dominierend für dessen Wert ist. Dieser muss auch in Zukunft gewährleistet werden. Insbesondere sollten hier die Offenlandbiotope zwischen Innen- und Außenbereich näher in Kontakt gebracht werden. Das Fort kann als floristischer Trittstein betrachtet werden, bei dem durch vernetzende Elemente der Kontakt zur direkten Umgebung verbessert werden muss, will dieses aufgewertet und stabilisiert werden. Die Waldbereiche sind bis auf wenige Ausnahmen durchweg ruderal geprägt und stellen nur allgemeinen Natur-Wert dar, vergleichbar mit anderen jungen Berliner Forst- und Parkbaumbeständen, auch wenn Teilbereiche ggf. schützenswert sein mögen.

Die Bauwerksstruktur dient als Fledermausquartier im übergeordneten NATURA2000 Kontext als Trittstein durch seine Eignung und Nutzung als Winter- wie Sommerquartier. Das Vorhandensein der Fledermauspopulationen ist aber auch an die Existenz des Bauwerks geknüpft. Degeneriert dieses, leidet das Quartier. Zugleich sind aber auch nicht alle Bereiche wichtiges Fledermaushabitat, sondern werden vermutlich nur durchflogen, da der Innenbereich des Forts nur begrenzte Nahrungskapazitäten liefern kann. Eine Bausubstanzerhaltung ist im Allgemeinen vertretbar und unter der Berücksichtigung des Landesdenkmalschutzes geboten.

Das Landschaftsprogramm des Landes Berlin (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen, 2011) weist für den Standort Hahneberg Biotopverbundsflächen folgender Arten aus:

Tabelle 16: Übersicht über Zielartenvorkommen des Berliner Biotopverbundsystems am Standort Fort Hahneberg (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen, 2011)

Art	Name	Bereich des Forts	Typ der Fläche
<i>Armeria maritima</i>	Sandgrasnelke	Außerhalb	Kernfläche
<i>Lepus europaeus</i>	Feldhase	Außer- und innerhalb	potentielle Kernfläche
<i>Pelobates fuscus</i>	Knoblauchkröte	Außer- und innerhalb	potentielle Kernfläche
<i>Lacerta agilis</i>	Zauneidechse	Außer- und innerhalb	Kernfläche
<i>Osmia mustellina</i>	Mauerbiene	Außer- und innerhalb	Kernfläche
<i>Papilio machaon</i>	Schwalbenschwanz	Außer- und innerhalb	Kernfläche plus Verbindungsfläche
<i>Zygaena filipendulae</i>	Gemeines Blutströpfchen	Außer- und innerhalb	potentielle Kernfläche
<i>Conocephalus dorsalis</i>	Kurzflügelige Schwertschrecke	Außerhalb	Kernfläche
<i>Oedipoda caerulea</i>	Blaüflügelige Ödlandschrecke	Außerhalb	Kernfläche
<i>Carabus auratus</i>	Goldschmied	Außer- und innerhalb	Kernfläche

Durch den erst gegen Ende des Bearbeitungszeitraumes als existent identifizierten und dann gesichteten Pflege und Entwicklungsplan für das Fort und seine Umgebung (Putkunz - Landschaftsplanung, 2014), sind analog zu der hier stattgefundenen Bewertung, v.a. die Offenlandbereiche sowohl floristisch als auch faunistisch wertvoll, da diese in ihrer Artenausstattung in Wechselbeziehung stehen. Insbesondere betrifft dies die angedeuteten Vertreter der Insektenfamilien. Quintessenz des Plans ist daher folgerichtig eine Stabilisierung und Aufwertung aller Offenlandbereiche, welche sich allerdings v.a. auf die außerhalb des Forts gelegenen Areale konzentriert, da diese flächenmäßig deutlich größere Anteile aufweisen.

4.3.2 Fort Sarbinowo

Soweit bekannt, existieren im Umkreis von mindestens 1000m um das Fort keine ausgewiesenen Naturschutzflächen. Das Fort und seine Umgebung sind allerdings nahe des Warthe-Deltas gelegen. In diesem befindet sich der ca. 8.000ha große Nationalpark Warthemündung (*Park Narodowy „Ujście Warty“*) (Park Narodowy „Ujście Warty”, 2002) – als Teil der Landschaftsparks Warthemündung (*Park Krajobrazowy Ujście Warty*) (Zespół Parków Krajobrazowych Województwa Lubuskiego, 2012). Der Nationalpark selbst ist ein SPA (Natura 2000 Code PLC08001) und Ramsar-Gebiet von internationaler Bedeutung. Es ist nicht gänzlich ausgeschlossen, dass bestimmte Zielarten, wie z.B. Seeadler und Schwarzstorch, Horste in der Umgebung des Forts besiedeln.

Nach der Etablierung des Nationalparks nahm die Anzahl der im Fort überwinternden Fledermäuse zu (salamandra, 2012).

4.3.3 Wrocław

Derzeit liegt keines der kartierten Forts innerhalb von nationalen und internationalen Naturschutzgebiete oder ähnlicher Flächen bzw. Objekte. Die Abbildung F-3 zeigt in einer größeren Übersicht, die sich überschneidenden Areale des FFH Gebietes *Grady w Dolinie Odry* (FFH Code PLH020017, Typ B, Fläche 8.348,9ha) und des Vogelschutzgebietes *Grady Odrzańskie* (FFH Code PLB020002, Typ A, Fläche 19.999,3ha). Nahe anbei liegen die Infanterieforts W-001 und W-003. Im FFH Gebiet finden sich folgende Lebensraumtypen, die in Teilen, wenn auch fragmentarisch angedeutet, in den kartierten Forts vorkommen. Das betrifft insbesondere die LRT Typen 6210, 6410 und 9170.

Zusätzlich sind hier die FFH Anhang II *Microchiroptera*-Arten *Barbastella barbastellus* (DD), *Myotis dasycneme* (EN) und *Myotis myotis* vorkommend, deren Existenzen auch außerhalb des FFH Gebietes wahrscheinlich sind. Das gleiche gilt für die örtlichen FFH Anhang IV Gebietsarten *Eptesicus serotinus*, *Myotis daubentonii*, *Nyctalus noctula*, *Pipistrellus pipistrellus* und *Plecotus auritus*. (DD = data deficient/ Datenlage unklar, EN = endangered/ stark gefährdet nach der Roten Liste Polens (Głowaciński, 2002)).

Das Vorkommen von *Maculinea teleius* und *Phengaris nausithous* im FFH Gebiet ist u.a. an extensive Wiesenbewirtschaftung, sowie an *Sanguisorba officinalis* gebunden, der in der Umgebung der Forts W-001 und W-003 vorkommt. Eine Existenz außerhalb des FFH Gebietes

ist daher nicht ausgeschlossen. Beide *Lepidoptera* Arten sind in Polen als wenig gefährdet eingestuft (LR = *low risk*) (Głowaciński und Nowacki, 2004). An diesen Standorten können auch die vaskulären FFH Gebietspflanzenarten *Colchicum autumnale* (Oberdorfer, 2001: 123), *Dactylorhiza maculata* ssp. *maculata* (Oberdorfer, 2001: 284), *Dactylorhiza majalis* (Oberdorfer, 2001: 283) (NT), *Gentiana pneumonanthe* (Oberdorfer, 2001: 755f) (VU) sowie *Gladiolus imbricatus* (Oberdorfer, 2001: 143) (NT) vorkommen. (VU = *vulnerable*/ gefährdet und NT = *near threatened*/ potenziell gefährdet in Polen nach Kaźmierczakowa *et al.* (2016))

Tabelle 17: Übersicht der FFH Lebensraumtypen (LRT) im NATURA2000 Gebiet *Grady w Dolinie Odry* (nach Fundacja EkoRozwoju, 2009)

FFH LRT	Beschreibung der Lebensraumtypen (gemeldete Bezeichnung der pflanzensoziologischen Zuordnung im FFH Gebiet)	Flächenanteil [% / ha]
2330	Dünen mit offenen Grasflächen mit <i>Corynephorus</i> und <i>Agrostis</i>	0,02
3150	Natürliche eutrophe Seen mit einer Vegetation des Magnopotamions oder Hydrocharitions	2,74
6120	Trockene, kalkreiche Sandrasen (<i>Koelerion glaucae</i>)	0,20
6210	Naturnahe Kalk-Trockenrasen und deren Verbuschungsstadien (<i>Festuco-Brometea</i>)	0,02
6410	Pfeifengraswiesen auf kalkreichem Boden, torfigen und tonig-schluffigen Böden (<i>Molinion</i>)	4,54
6430	Feuchte Hochstaudenfluren der planaren und montanen bis alpinen Stufe (<i>Adenostyion alliariae</i> , <i>Convolvuletalia sepium</i>)	0,20
6440	Brenndolden-Auenwiesen (<i>Cnidion dubii</i>)	1,07
6510	Magere Flachland-Mähwiesen (<i>Arrhenatherion elatioris</i>)	7,09
7230	Kalkreiche Niedermoore	0,02
9170	Labkraut-Eichen-Hainbuchenwald (<i>Galio-Carpinetum</i> , <i>Tilio-Carpinetum</i>)	1,82
9190	Alte bodensaure Eichenwälder auf Sandebenen mit <i>Quercus robur</i> (<i>Betulo-Quercetum</i>)	0,01
91E0	Auenwälder mit <i>Alnus glutinosa</i> und <i>Fraxinus excelsior</i> (<i>Salicetum albo-fragilis</i> , <i>Populetum albae</i> , <i>Alnenion</i>)	1,18
91F0	Hartholzauewälder mit <i>Quercus robur</i> , <i>Ulmus laevis</i> und <i>Ulmus minor</i> , <i>Fraxinus excelsior</i> oder <i>Fraxinus angustifolia</i> (<i>Ficario-Ulmetum</i>)	30,02

Auf den trockenen Standorten oder auf den Forts selbst sind ggf. Vorkommen der gelisteten FFH Gebietsarten von *Helichrysum arenarium* (Oberdorfer, 2001: 920) erwartbar, in trockenen und lichten Waldsäumen ggf. *Melampyrum cristatum* (Oberdorfer, 2001: 848), falls ein lokaler Diasporenvorrat noch vorrätig ist. Letztere Art war nach Zarzycki und Szeląg (2006) in Polen ausgestorben (EX = *extinct*). Nach Kaźmierczakowa *et al.* (2016) ist diese Art in Polen nur noch als VU = *vulnerable*/ gefährdet eingestuft.

Vorkommende Vogelarten des SPA-Gebietes, die aufgrund ihrer Habitatansprüche auch in oder in der Nähe der Forts vorkommen könnten sind in Tabelle 18 aufgeführt.

Tabelle 18: Übersicht ausgewählter Arten des SPA Gebietes *Grady Odrzańskie* nach sowie deren Schutzstatus (*Fundacja EkoRozwoju, 2008*) auf Basis der IUCN Steckbriefe (IUCN, 2019) und der Roten Liste Polens (Głowaciński, 2002) (Die polnische Gefährdungseinstufung ist äquivalent zur IUCN Kategorisierung)

Art	Trivialname de/ pl	Habitat- bedarf (IUCN)	IUCN Kategorie EU27	Rote Liste PL
<i>Caprimulgus europaeus</i>	Ziegenmelker / Lelek zwyczajny	Wald, Offenland, Gebüsche	LC	-
<i>Crex crex</i>	Wachtelkönig / Derkacz zwyczajny	Offenland, Feuchtgebiete	LC	DD
<i>Dryocopus martius</i>	Schwarzspecht / Dzięcioł czarny	Wald	LC	-
<i>Emberiza hortulana</i>	Ortolan / Ortolan	Offenland, Gebüsche	LC	-
<i>Ficedula albicollis</i>	Halsbandschnäpper / Muchołówka białoszyja	Wald	LC	-
<i>Ficedula parva</i>	Zwergschnäpper / Muchołówka mała	Wald	LC	-
<i>Lanius collurio</i>	Neuntöter / Gąsiorek	Wald, Offenland, Gebüsche	LC	-
<i>Leiopicus medius</i>	Mittelspecht / Dzięcioł średni	Wald	LC	-
<i>Lullula arborea</i>	Heidelerche / Lerka	Wald, Offenland, Gebüsche	LC	-
<i>Milvus migrans</i>	Schwarzmilan / Kania czarn	Wald, Offenland, Gebüsche	LC	NT
<i>Milvus milvus</i>	Rotmilan / Kania ruda	Wald, Offenland, Gebüsche	NT	NT
<i>Lanius excubitor</i>	Raubwürger / Dzierzba srokosz	Wald, Offenland, Gebüsche	LC	-
<i>Pernis apivorus</i>	Rohrweihe / Trzmielojad zwyczajny	Wald	LC	-
<i>Picus canus</i>	Grauspecht / Dzięcioł zielonosiwy	Wald	LC	
<i>Sylvia nisoria</i>	Sperbergrasmücke / Jarzębatka	Offenland, Gebüsche	LC	-

Zusammenfassung

Die Umgebung Wroclaws wird durch die süd-östlich gelegenen SPA und FFH Gebietskulissen in den Oder-Auen in das NATURA2000 Netzwerk integriert. Durch lokale Standortübergänge

und -ähnlichkeiten sind in den Forts sowohl Arten als auch ähnliche Lebensräume der Schutzgebiete potentiell vorhanden oder nutzen diese bereits. Vor allem für migrierende und mobile Arten können vor allem die östlichen Forts zur erweiterten Schutzkulisse der eigentlichen Schutzgebiete gezählt werden. Dies betrifft sowohl die feuchten als auch die trockenen Standorte der Forts, unabhängig von ihrem Sukzessionsgrad, wenn auch die nähere Umgebung in einem lokal zu definierendem Pufferbereich einbezogen würde. Diese Standorte könnten dann zur erweiterten Schutzgebietsvernetzung als temporäre Habitate (Trittsteinbiotope) beitragen. Eine allgemeine Standortpflege und Entwicklung ist hierbei empfehlenswert. Diese kann sowohl zielartenbasiert als auch im Ausbau der örtlichen Habitatqualitäten erfolgen. Gefahr besteht derzeit durch aktive Urbanisierungsprozesse.

4.3.4 *Kaunas*

Unabhängig von ausgewiesenen Naturschutzflächen ist der derzeitige quantitative Zustand der Offenlandflächen in Fort V aber auch in anderen Forts im Verhältnis zu anderen Flächennutzungen unausgewogen (Kapitel 4.2.3). Dies wird sich voraussichtlich in den nächsten zehn Jahren verschärfen. Es wird vermutlich neben der Aufgabe von eigentlichen Agrarflächen (Äcker und Wiesen) v.a. eine Umwandlung von Extensiv- und Brachlandflächen in Siedlungsflächen erfolgen.

Durch die Waldsäume entlang der kleineren teilweise temporären Fließgewässer im Gebiet sind sowohl vernetzende Element für aquatische als auch für terrestrische Arten vorhanden. Teilweise sind diese als FFH-Gebiet gemeldet (westliches Rayon des Fort IV, s.u.). Diese Elemente sind allerdings nur bedingt untereinander vernetzt, da Verkehrs- und Siedlungsflächen für eine Unterbrechung der Kontinuität sorgen. Abbildung F-6 gibt die nationalen Ausarbeitungen von Biotopkorridoren als Resultat am Standort wieder.

Das Fort IV ist als litauisches FFH-Gebiet LTKAU0012 mit Gültigkeit zum 5. März 2005 ausgewiesen (Lietuvos ornitologų draugija und UAB TVS Projektai, 2018). Hintergrund ist die Relevanz für die *Microchiroptera*-Arten *Barbastella barbastellus* und *Myotis dasycneme*.

Im Westlichen Bereich des Fort IV befindet sich ein FFH-Gebiet entlang eine Fließgewässers mit den Ausgewiesenen FFH Lebensraumtypen 9180 Schlucht- und Hangmischwälder und den FFH relevanten Arten *Cucujus cinnaberinus* und *Lutra lutra* (Abb. F-7).

Das Flusssystem des Nemunas ist für die Biotope der Forts nur unmittelbar relevant, da diese keinen direkten Kontakt zu diesem haben. Vorstellbar ist die Relevanz als Nistquartier für größere Wasservögel in den Waldstrukturen des Forts V. Die Datenlage dazu ist unklar, ist aber ggf. Hintergrund für eine Eingliederung des Fort V in das FFH-Gebiet *Kauno marios* (LTKAU0007). Das Schutzgebiet wurde am 31. August 2005 ausgewiesen. Gleichzeitig ist dieses als SPA Gebiet (LTKAUB008) nach der Vogelschutzrichtlinie zum 17. April 2004 ausgewiesen.

Tabelle 19: FFH Lebensraumtypen (LRT) des FFH Gebietes *Kauno marios* (LTKAU0007) (Lietuvos ornitologų draugija und UAB TVS Projektai, 2018)

FFH Biototyp	Lebensraumtyp	FFH Biototyp	Lebensraumtyp
5130	Formationen von <i>Juniperus communis</i> auf Kalkheiden und -rasen	9010	Westliche Taiga
6210	Naturnahe Kalktrockenrasen und deren Verbuschungsstadien (Festuco-Brometalia) (* besondere Bestände mit bemerkenswerten Orchideen)	9050	Krautreiche Fichtenwälder Fennoskandiens
7220	Kalktuff-Quellen (Cratoneurion)	9070	Waldweiden Fennoskandiens
8220	Silikatfelsen und ihre Felsspaltenvegetation	9180	Schlucht- und Hangmischwälder (Tilio-Acerion)

Die Waldgebiete des Fort V sind sowohl unter Schutz (eigentliche Fortbereich plus nordwestlicher rechter Kehlbereich) als auch Stadtwald (Abb. F-8). Die forstliche Kartierung hat unterschiedliche Waldtypen herausgestellt, dessen Typen nicht identifizierbar waren, und deshalb auch nicht dargestellt wurden. Die Unterschutzstellung wird mit dem FFH-Gebiet *Kauno marios* begründet. Zudem existiert eine eingeschränkte forstliche Nutzung des Standortes. Hier sind maximal 10% des Baumbestandes einer bestimmten Altersgruppe (unklar!!!) innerhalb von 10 Jahren fällbar. (Abb. F-9). Hintergrund ist ggf. das Vorkommen von *Osmoderma barnabita*, zugehörig zur *Osmoderma* Artgruppe innerhalb Europas (Audisio *et al.*, 2007), deren Arterhaltungen an Altbäume und Totholz gebunden ist (Maurizi *et al.*, 2017).

Tabelle 20: Liste der relevanten Arten der FFH und Vogelschutzrichtlinie im terrestrischen Bereich von Kaunas mit Verknüpfungen zu bekannten Lebensräumen in den Forts (Lietuvos ornitologų draugija und UAB TVS Projektai, 2018) auf Basis der FFH Richtlinie (Das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union, 10.06.2013) und IUCN Steckbriefen (IUCN, 2019) und der Roten Liste Litauens (Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija, 2019)

Artname	Trivialname deutsch	litauisch	Potentiell Vorkommen	Habitat- bedarf (IUCN)	Listung in FFH (VSRL)- Anhang	Nationale Liste	IUCN Kategorie EU27
<i>Barbastella barbastellus</i>	Mops- fledermaus	Europinis plačiaausis	Fort I bis V Fort VIII	Wald, Höhlen	II, IV	2(V)	VU
<i>Bonasa bonasia</i>	Haselhuhn	Jerubė	Fort V (Kauno marios)	Wald	(I)	-	LC
<i>Caprimulgus europaeus</i>	Ziegenmelker	Lėlys	Fort V (Kauno marios) ggf. weitere	Wald, Offenland, Halbopenland, Feuchtgebiete	(I)	-	LC
<i>Cucujus cinnaberinus</i>	Scharlachroter Plattkäfer	Purpurinis plokščiaavabalis	Fort V	Wald	II, IV	2(V)	NT
<i>Dryocopus martius</i>	Schwarzspecht	Juodoji meleta	Fort V (Kauno marios)	Wald	(I)	-	LC
<i>Ficedula parva</i>	Zwerg- schnäpper	Mažoji musinukė	Fort V (Kauno marios)	Wald	(I)	-	LC
<i>Haliaeetus albicilla</i>	Seeadler	Paprastasis jūrinis erelis	Fort V (Kauno marios)	Wald, Wasser, Offenland, Feuchtgebiete	(I)	3(R)	LC
<i>Lanius collurio</i>	Neuntöter	Paprastoji medžarkė	Fort V (Kauno marios) ggf. weitere	Wald, Offenland, Halbopenland	(I)	-	LC
<i>Leopieus medius</i>	Mittelspecht	Vidutinis margasis genys	Fort V (Kauno marios)	Wald	(I)	-	LC
<i>Lutra lutra</i>	Fischotter	Ūdra	ggf. Fort V	Wasser	II, IV	5(Rs)	NT
<i>Milvus migrans</i>	Schwarzmilan	Juodųjų peslių	Fort V (Kauno marios)	Wald, Offenland, Halbopenland, Feuchtgebiete	(I)	2(V)	LC
<i>Myotis dasycneme</i>	Teich- fledermaus	Kūdrinis pelėausis	Fort IV	Wasser, Wald, Feuchtgebiete, Höhlen	IV	2(V)	NT
<i>Osmoderma barnabita</i>	Östlicher Juchtenkäfer	Niūriaspalvis auksavabalis	Fort V, Stadtpark Kaunas	Wald	-	-	EN

Zusammenfassung

Im südlichen Bereich des Nemunas existieren neben den eigentlichen denkmalgeschützten Forts mit eigenen mehrstufigen Denkmalschutzzonen (Abb. F-4 und F-5) größere NATURA2000 Schutzgebiete. Das Fort V ist in eines dieser Schutzgebiete integriert. Daraus erfolgt eine unmittelbare naturschutzfachliche Relevanz des Standortes. Für die Forts I bis IV sowie das unvollendete Marva Fort besteht nur eine mittelbare Relevanz, da diese nicht in Schutzgebiete integriert sind. Diese, v.a. das Fort IV, liegen aber in der Nähe weiterer Schutzzonen, die sowohl als FFH-Gebiete als auch als FFH-RL Anhang I Lebensraumtypen gemeldet sind. Allerdings sind dies nur Waldstandorte. Dem Schutz der Waldstandorte im Allgemeinen wird bei der lokalen naturschutzfachlichen Ausrichtung ein hoher Stellenwert zuteil.

Insgesamt sind am südlichen Nemunasufer die Offenlandflächen durch regionale Urbanisierungsprozesse stark gefährdet. Dies betrifft sowohl Agrarflächen als auch ruderal geprägte Extensivflächen. Es wird befürchtet, dass sich trotz der lokalen Pflegemaßnahmen, z.B. im Fort IV, diese Entwicklung ungünstig auf die Habitat-/ Biotopqualitäten der Waldstandorte als auch der eigentlichen Standorte in den Forts auswirkt. Hier wird vor allem auf die Relevanz des Offenlandes als Nahrungshabitat für mobile Arten hingewiesen. Insbesondere betrifft dies die lokale *Microchiroptera*-Fauna. Durch lokale Sukzessionsprozesse sind Offenlandstandorte zudem von Verbuschungen und Standortveränderungen bedroht. Eine Ausgewogenheit der übergeordneten Habitat-/ Biotopentwicklungen unter der Berücksichtigung aller Habitate/ Biotoptypen außerhalb der eigentlichen Schutzzonen konnte nicht erkannt werden. Dies ist eventuell auch der sprachlichen Hürde bei der Findung und Interpretation geeigneter Quellen geschuldet.

5. Diskussion

5.1 Diskussion der Ergebnisse der vegetationskundlichen Felduntersuchungen und Literaturrecherchen

5.1.1 Übergreifende soziologische Bewertung der Kartierungen

Tabellen C-119 und C-120 stellen die TWINSpan Auswertungen der Settings 1 und 4 für alle Relevés sowie die Bezeichnung der Gruppen nach Arten mit den höchsten *fidelity* Werten dar.

Es werden in den TWINSpan Auswertungen in allen Einstellungen zwei Hauptgruppen unterschieden: Eine Gruppe, welche die Aufnahmen der atlantischen Festungen enthält, und eine, die alle anderen Aufnahmen enthält. In Setting 4 wird die Aufnahme der Festung Peniche (PT) in die zweite Gruppe eingeordnet. Zur vereinfachten und sinnvollsten Auswertung wurden die Einstellungen 1 und 4 ausgewählt. Die beiden anderen Einstellungen gruppieren zwar komplexer aber nicht gänzlich anders, die diese andere Deckungsgrade (*pseudo species cut levels*) als in Einstellung 1 bzw. 4 berücksichtigen.

Je nach Hierarchie- bzw. Einstellung, wird die erste Gruppe unterschiedlich ausdifferenziert: kennzeichnend ist für diese Hauptgruppe die Existenz von *Cymbalaria muralis*, *Erigeron karvinskianus* sowie *Geranium robertianum* ssp. *maritimum*. Auf höheren Hierarchiestufen kommt in dieser Gruppe noch *Parietaria judaica* hinzu. In einer Untergruppe sind die Relevés mit hohen *Silene spec.* Arten und *Digitalis purpurea* namensgebend (Pendennis Castle (GB) und Vigo (ES)). Grundsätzlich sind diese Relevés von niedrigen Kontinentalitäts- und vergleichsweise hohen Temperaturwerten geprägt (Tabelle C-121 und C-122).

Die zweite Hauptgruppe, als *Acer platanoides*–*Crataegus* Gruppe bezeichnet, umfasst sowohl Offenland- und Waldflächen als auch ihre Übergangsstufen. Die Offenlandgruppe (*Achillea millefolium*–*Arrhenatherum elatius* Gruppe) wird in allen Einstellungen auf Hierarchieebene zwei von der Waldgruppe (*Acer platanoides*–*Fraxinus excelsior* Gruppe) getrennt.

Wie ersichtlich wird, sind die Offenlandbereich des Fort Hahnebergs (D), trotz ihrer in sich diversen Zusammensetzungen nur mit wenigen anderen Aufnahmen ähnlich und vergleichbar. In Einstellung 4 und Ebene 6 (Gruppe 5) werden diese Standorte übergreifend als *Euphorbia cyparissias*–*Hieracium umbellatum* Gruppe herausgestellt. Diese Gruppe wird von relativ hohen Kontinentalitäts- und relativ niedrigen Feuchtwerten, vor allem aber von den

niedrigsten Nährstoffwerten (N=3,3) aller Gruppen geprägt. In Einstellung 1 werden diese Standorte in zwei einzelne Gruppen (Gruppen 6 und 7) ausdifferenziert. Diese unterscheiden sich untereinander durch unterschiedliche mittlere Kontinentalitäts- und Nährstoffwerte, wobei die kontinentalste Gruppe 6 (K=6,4) höhere Nährstoffwerte beinhaltet. Gruppe 6 ist zudem die kontinentalste aller Gruppen in TWINSPAN Einstellung 1. Diese wird als *Berteroa incana*–*Anchusa officinalis* Gruppe bezeichnet und ist als ruderalisierte kontinental geprägte Halbtrockenrasenausprägung zu interpretieren. Ähnlich zu diesen Aufnahmen sind wenige Aufnahmen der Festung Wrocław, die in eine als *Euphorbia cyparissias*–(*Festuca ovina*)–*Trifolium arvense* bezeichnete Obergruppe eingegliedert sind.

Des Weiteren befindet sich in der großen Offenlandgruppe eine ruderal geprägte *Phleum pratense*–*Elymus repens* Gruppe, die je nach Einstellung früher oder später ausdifferenziert. Zu dieser gehören größtenteils alle Aufnahmen der Festung Josefov (CZ), die Wiesenstandorte des Fort V Kaunas (LT) sowie je nach Einstellung eine unterschiedliche Anzahl der Aufnahmen aus Wrocław (PL). Diese ruderale Wiesengruppe wird später unterschiedlich ausdifferenziert. In ihrer jeweils ersten Erscheinung in den TWINSPAN Differenzierungen besitzt sie in allen Zeigerwerten nahezu identische (Mittel-) Werte.

Diese Gruppe wird unter einer *A. elatius*–*Dactylis glomerata* Gruppe eingeordnet, in der weitere Untergruppen existieren, die tendenziell zunehmend frischere und reichere Standorte beinhalten sowie zunehmend auf ausgeglichene Säure-Base-Verhältnisse deuten.

Die Waldstandorte aller Forts werden innerhalb einer *Acer platanoides*–*Fraxinus excelsior* Gruppe ausdifferenziert. Die Waldstandorte des Fort V Kaunas (LT) sowie weitere Aufnahmen aus Josefov (CZ) werden in eine *Pyrus pyraster*–*Tilia cordata*–(*Alnus incana*) Gruppe gestellt. Parallel dazu existiert eine *Acer pseudoplatanus*–*Pinus sylvestris*–*Robinia pseudoacacia* (APR) Gruppe, zu der alle Waldstandorte des Forts Hahnebergs (D), Forts Sarbinowo/ Zorndorf (PL) und der Forts Wrocław (PL) gezählt werden. In ersterer Waldgruppe werden lichtere Saumbereiche Kaunas‘ (LT) mit einer Aufnahme aus Josefov (CZ) als *Glechoma hederacea*–*Taraxacum sect. Ruderalia* gruppiert. TWINSPAN Einstellung 1 differenziert übrige Kaunas Standorte entweder als *Tilia cordata* oder als *Alnus incana* dominiert, was mit den eigenen Aufnahmeauswertungen grundsätzlich übereinstimmt. Die *Tilia cordata*–*Euonymus europaeus* Gruppe ist dabei auf trockeneren und weniger reichen Standorten angesiedelt als die *Alnus incana*–*Pyrus pyraster* Gruppe und ist zudem von weniger kontinentalen Arten geprägt. Die APR Gruppe beinhaltet eine *Mahonia aquifolium*–*Allium vineale*–*Ulmus laevis* Gruppe, mit

Standorten im Fort Hahneberg (D) und einem Standort des Forts Sarbinowo/ Zorndorf (PL). Weiterhin sind alle *Robinia pseudoacacia* bewachsene Standorte der polnischen Forts in einer Gruppe zu finden. Diese kann alternativ auch als Ahorngruppe bezeichnet werden, beinhaltet dann aber mehr Aufnahmen aus Sarbinowo/ Zorndorf. Ein Unterschied in den abiotischen Werten dieser Differenzierungen ist nicht zu erkennen. Die *P. sylvestris*–*Tilia platyphyllos* Gruppe beinhaltet nur Relevés aus Sarbinowo/ Zorndorf und ist daher standorteigen, und wird je nach Dominanz obiger Arten unterschiedlich aufgetrennt. Die *Pteridium aquilinum*–*Pinus sylvestris* Gruppe hat dabei gegenüber der *T. platyphyllos*–*Holcus mollis* Gruppe der Einstellung 4 v.a. ein saureres Milieu.

Zur Bewertung der „quasi-kardinalskaligen“ mittleren Zeigerwerte der Tabellen C-121 und C-122 und der Gruppen untereinander beachte die Ausführung in Ellenberg *et al.* (2001: 44-49).

Kartierte Standorte weisen nach obigen Ausführungen sowohl Eigenarten ohne Parallelen zu anderen Aufnahmen auf, als auch Ähnlichkeiten zu bestimmten Aufnahmen, auch wenn diese teilweise geografisch weit entfernt sind. Daraus folgt, dass trotz teilweise ähnlicher Entstehungszeiten und Historien der letzten Jahrzehnte vor allem im mitteleuropäischen Tiefland floristische Ausstattungen der Festungsanlagen sehr unterschiedlich sein können. Dies gilt es bei raumübergreifenden aber auch bei lokalen Planungen zu berücksichtigen.

5.1.2 Allgemeine Diskussion zur Biotop- und Lebensraumtypen, Pflanzengemeinschaften und Arten in Festungsanlagen

Diszessive Sukzessionen von Pflanzengesellschaften sind beobachtete langfristige Phänomene, die u.a. durch Veränderungen abiotischer Bedingungen aber insbesondere durch soziologische Verarmung und Veränderungen induziert werden, die auch auf landschaftlicher Ebene wirken können, und unter anderem durch landwirtschaftliche Nutzungsänderungen induziert werden (Dierschke, 1994: 463-467). Hierbei kann es auch zu einer Apophytisierung (Standortübergang bzw. Gesellschaftswechsel) kommen (Wittig, 2012: 92f). Diese Aspekte sind derzeit bei existenten ökologischen und pflanzensoziologischen Bewertungen nur unzureichend berücksichtigt und abgebildet.

Es scheint daher naheliegend, jeder Pflanzengesellschaft bei einer gewissen Naturnähe diese als ökologisch verarmt und als Rumpf- und Basalgemeinschaft in der Literatur beschriebener natürlicher oder anthropogen bedingter Pflanzengesellschaften auszuweisen. Damit wird aber gleichzeitig impliziert, dass die Verarmung der Gesellschaften eine Folge von Artenverlust oder

Habitatzerstörung ist und daher naturschutzrelevante Aktivitäten bedarf. Gerade bei jungen Biotopen wie in Festungsanlagen ist diese Argumentationsweise grundsätzlich falsch. (Vergleiche hierzu auch Kapitel 2.6)

Die Entwicklung komplexer Waldgesellschaften oder die Existenz natürlicher Waldgesellschaften ist nach vorliegenden Erkenntnissen und Ergebnissen in modernen Festungsanlagen nicht wahrscheinlich. Hintergrund ist die Anthropogenität der Anlagen sowie die zur Verfügung stehenden Zeiträume für die Etablierung komplexer und/oder natürlicher Waldgesellschaften. Die Ausweisung von Waldgesellschafts-Lebensraumtypen nach FFH Richtlinie Anhang I ist in solchen Anlagen generell fragwürdig und aufgrund des vorliegenden Datensatzes, wenn stattgefunden, prinzipiell nicht nachvollziehbar. Hintergründe für eine solche Ausweisung sind nach Einschätzung des Verfassers sowohl in administrativen Vorgaben als auch in förderrechtlichen Rahmenbedingungen zu suchen, bei der die Ausweisung solcher Lebensraumtypen Voraussetzung für die Akquise spezieller (direkter) Naturschutz- oder indirekter Fördergelder, z.B. für touristische Zwecke, erfolgte.

Zudem ist es prinzipiell fraglich insbesondere den Lebensraumtyp 9180 in solchen Anlagen zu versuchen nachzuweisen, da dieser sowohl nach FFH Vorgaben auf Basis des *FFH Interpretation manual* (European Commission, 2013a) aber auch nach dessen soziologisch-ökologischem Ursprung in diesen Anlagen grundsätzlich nicht vorkommt. Hintergrund sind v.a. die wenig extremen abiotischen Bedingung in bekannten Festungsanlagen Mitteleuropas, die mit den natürlichen Standortbedingungen der natürlichen Waldgesellschaften keine bzw. nur sehr kleine Schnittmengen haben. Vergleiche hierzu auch die Ausführungen in Kapitel 4.1.1.1 sowie Ausarbeitungen zum *Tilio-Acerion* bzw. *Pruno-Fraxinetum* in Müller *et al.* (1992), Pott (1992) und Ellenberg (1996).

Offenlandlebensraumtypen sind wegen ihrer Anthropogenität aber auch wegen ihrer Standortnativität in diesen Anlagen in der Lage, sich eigenständig in komplexere Gesellschaften zu entwickeln, verbleiben aber meist in soziologisch ungesättigtem Zustand, wie hier vorlegte Daten zeigen. Zudem sind diese Artenzusammensetzungen häufig nicht stabil. Diese können aber durchaus auch nach FFH Bewertungen relevant sein, wenn diese auf einer soziologischen Ebene reichhaltig und qualitativ wertvoll sind. Dies muss im Einzelfall geprüft werden. Vermutlich werden Offenlandtypen grundsätzlich höchstens mittlere Qualitäten aufweisen, auch wenn einzelne oder mehrere naturschutzrelevante Arten nach FFH-RL oder nationalen Roten Listen in diesen vorkommen. Naturschutzfachliche Bewertungen müssen dann vor Ort

abschätzen, wie wahrscheinlich (soziologisch begründbar!!!) und auch finanziell umsetzbar eine Qualitätsverbesserung ist. Die Bewertungsschemata für *Novel Ecosystems* sind hierbei anzuwenden (Kapitel 2.6.3). Gegebenenfalls ist sogar die kurzfristige Ausweisung zu verschieben, da damit standörtliches Entwicklungspotential, z.B. auch für touristische Nutzung oder einen Denkmalpflegauftrag nicht ausgeschlossen würde. Es gilt hier daher alle Aspekte für eine ausgewogene Raumentwicklung gleichwertig zu berücksichtigen (Kapitel 5.2 und 5.5). Zudem sind hierbei Synergien zum Vorteil der allgemeinen Habitatqualität sowie der Kulturlandschaft wahrscheinlicher als bei einseitig ausgerichteten Schutzmaßnahmen.

Wie festgestellt wurde unterliegen alle Standorte, insbesondere aber die Offenlandstandorte, im historischen Vergleich Veränderungen in der Artenzusammensetzung sowie in der Artenabundanz. Insbesondere betrifft dies die trockenen und halbtrockenen Rasengesellschaften. Diese Aussage wird zudem durch die verfügbaren Dokumentationen durch die ONB Berlin am Standort Fort Hahneberg Berlin gestützt, obgleich diese komplette Relevée-Zusammensetzungen nicht beinhaltet. (Eine allgemeinzugängliche Veröffentlichung hierzu fehlt und wird prinzipiell empfohlen!) Die Ursachen für diese teilweise interannuellen Fluktuationen können vielfältigen Ursprungs sein. Da dieser Arbeit die konkreten Pflegeumsetzungen der Offenlandbiotope für den Standort Fort Hahneberg fehlen, sind daher nur Spekulationen möglich, die aber ausbleiben. Zu anderen ist anzunehmen, dass diese Fluktuationen auch natürlich bedingt sein könnten und natürliche Standortsukzessionen eine Rolle spielen. Vermutet werden hier zusätzlich Kombinationen von abiotischen und soziologischen Effekten, maßgeblich Nährstoffverfügbarkeiten und Mahdregime (Ellenberg, 1996: 704-707; Roscher *et al.*, 2009; Roscher *et al.*, 2015), die sich direkt auf die Entwicklung der Samenbank auswirken (Johansen *et al.*, 2019). Aber auch Wasserregime bedingte unterschiedliche interannuelle Abundanzen sind denkbar (Ellenberg, 1996: 695-699). Ähnliches gilt nach Ansicht des Verfassers auch für Waldbiotope und deren Krautschichtzusammensetzungen.

Aus obiger Ausführung ergibt sich daher die Schlussfolgerung, dass gerade Offenlandbiotope mit naturschutzrelevanten Ausprägungen in Festungsanlagen fragile aber auch variable Biotope sind, dessen soziologische Zusammensetzungen innerhalb weniger Jahre stark variieren können. Eine Ausweisung streng geschützter konkreter Lebensraumtypen nach FFH-RL ist daher, wenn erfolgt auf Einzelaufnahmen, abzulehnen. Diese Biotope sollten prinzipiell als *in statu nascendi* ausgewiesen werden oder als tendenzielle Entwicklungsfläche, bei der auch andere Nutzungsformen als ein absolutes Betretungsverbot möglich sein sollten. Hierfür

existieren allerdings keine rechtlichen Grundlagen. Allenfalls sind hier Ansätze im NATURA2000 Verbundsystem zu suchen, bzw. in der *Green Infrastructure Initiative*.

Offenlandbiotope sind prinzipiell Trittsteine für Fauna aber auch im eingeschränkten Maß für Flora. Die Etablierung komplexer ggf. schützenswerter und qualitativ hochwertiger Lebensraumtypen ist prinzipiell nicht per se gegeben oder zu erwarten aber auch nicht gänzlich auszuschließen. Sollen diese Flächen erhalten und aufgewertet werden, müssen diese Flächen gepflegt werden. Hierbei können sich Synergien ergeben, die in einer Erhöhung der allgemeinen Biodiversität innerhalb der Insekten manifestieren kann (Humbert *et al.*, 2012; Simons *et al.*, 2015; Chisté *et al.*, 2016). Zusätzlich sind Offenlandlebensräume grundsätzlich durch Sukzession und Urbanisierungsaspekte gefährdet.

Grundsätzlich sind Ökotope und auch Pflanzengesellschaften in Festungsstandorten als *Novel Ecosystem*, besser Neuartige Biotope, einzuordnen, für die bisherige klassische soziologische und ökologische Beschreibungen nicht oder nur eingeschränkt anwendbar sind. Eine Ausweisung von FFH Lebensraumtypen schlechter aber auch mittlerer Qualität in solchen Anlagen ist grundsätzlich in Frage zu stellen und wird nach vorliegendem Ergebnissen dieser Arbeit nicht empfohlen.

5.2 Diskussion möglicher Resultate für die (lokale) Denkmalpflege

Das *Übereinkommen von Granada* ist das einzige völkerrechtliche Instrument innerhalb der EU, welches u.a. den Schutz des baugeschichtlichen Erbes als ein wesentliches Ziel der Raum- und Stadtplanung ansieht und dies zum Bestandteil der Kultur-, Umwelt und Planungspolitik zu machen ist (Europarat, 3.10.1985: Art. 10).

In Deutschland wird durch das Raumordnungsgesetz (ROG) festgelegt, welche Grundsätze für eine nachhaltige Raumordnung zu verfolgen sind. Hier wird v.a. auf die Ausgewogenheit der sektoralen Zielsetzungen hingewirkt, d.h. Umweltschutz, Naturschutz, Landschaftsschutz und Kulturerbeschutz sind gleichberechtigte Aspekte (§ 2 ROG).

Im Gegensatz zur EU Richtlinie wird in der deutschen Gesetzgebung der Begriff „Kulturgut“ anstelle des Begriffes „Kulturelles Erbe“ gebraucht und meint dabei materielle Güter. Der Begriff „Kulturgut beinhaltet dabei inhaltlich mehr als die über die Denkmalschutzgesetze geschützten Teile des kulturellen Erbes (wie häufig von Vorhabenträgern und deren Gutachtern angenommen), nämlich auch sonstige aus kulturellen Gründen erhaltenswerte Objekte, Orte,

Landschaften oder Raumdispositionen“ (Boesler und Bohnsack-Häfner, 2005). Daher ist zu prüfen, ob Kompensationsmaßnahmen für andere Schutzgüter, z.B. Flora und Fauna, aber auch strukturelle Programme und Pläne, Kulturgüter beeinflussen (ebenda). Somit sind Belange der natürlichen Umwelt und Belange der kulturellen Umwelt gegeneinander zwingend abzuwägen, ggf. haben daher Belange des Naturschutzes zurückzustehen, evtl. bereits auf der Ebene der Landschaftsplanung, der Planungsebene für Naturschutzfachplanungen (Heller, 2006).

Innerhalb der EU existiert durch die UVP-RL, hier insbesondere durch Art. 3 eine Situation, die einer Gleichrangigkeit der Bewertung von Kulturerbe- und Naturerbeschutz nahe kommt und durch Ihre „*teleologische Äquivalenz*“ (Kloepfer, 2012: 24–29) begründbar ist. Durch die Wirksamkeit der Richtlinie und ihre Rechtsverbindlichkeit in den Mitgliedsstaaten müssen jegliche Projekte, die unter den Vorhabenkatalog des Anhangs I und gegebenenfalls auch des Anhangs II der UVP-RL fallen, nicht nur hinsichtlich Ihrer Auswirkungen auf Flora und Fauna sondern auch auf die Auswirkungen auf das kulturelle Erbe geprüft und bewertet werden. Durch die Erweiterung des Artikels 3 um „*Wechselwirkungen zwischen den [...] Faktoren*“ im Jahr 1997 (Der Rat der Europäischen Union, 14.03.1997) wurde der Grundstein für eine Harmonisierung aber v.a. für eine Abstimmung der einzelnen nationalen Gesetzesakte bezüglich der einzeln Schutzgüter gelegt.

Nach gängiger Rechtsauffassung umfasst die UVP-RL und damit auch die UVP-G Sichtweise auch raumgebundene Kulturgüter (Kloepfer, 2012: 20), die allerdings nach Ihrem mangelnden grenzüberschreitendem Bezug nicht Gegenstand des Kulturbegriffes „*gemeinsames kulturelles Erbe*“ nach Art. 167 EUV des Vertrages von Lissabon (Europäische Union, 2012) sind (Kloepfer, 2012: 32). Im Gegensatz dazu steht ein erweiterter europäischer Kulturbegriff der „*Kultur insoweit all das umfasst, was auch Gegenstand der nationalen Kulturpolitiken ist*“ (ebenda: 33).

Da allerdings Sanierungsmaßnahmen sowie andere naturraumbezogene Aktivitäten in Festungsanlagen, z.B. Biotopentwicklungen, nicht unter die Maßnahmekataloge nach Anhang I und II der UVP-RL fallen, gibt es für solche Vorhaben keine begründbare Verpflichtung der Durchführung einer Umweltverträglichkeitsprüfung oder der Durchführung einer Vorprüfung.

Gerade auf der Ebene von Landschaftsbewertungen und -pflege sind *intangibles* (Kapitel 2.8.3) geradezu wichtig, insbesondere wenn explizite und offensichtliche Kulturlandschaften wie Heideflächen betrachtet werden, da diese mehr als nur die Akkumulation von einzelnen Objekten sind (siehe Kapitel 2.1.3.3 & 2.1.4). Diesbezüglich geben Cooper *et al.* (2016) einen

zusammenfassenden Überblick über die Komplexität der Bewertung ästhetischer und spiritueller Werte von Ökosystemen im Kontext der Bewertung von ESS, und weisen darauf hin, dass Kosten-Nutzen-Bewertungen dieser Leistungen/ Aspekte trotzdem wichtig für gesamtwirtschaftliche Bewertungen (*trade-offs*) sind. Für Festungskomplexe und –anlagen sind diese Ausarbeitungen prinzipiell übertragbar und anwendbar. Es ist dabei aber herauszuarbeiten, ob Analyseframeworks wie von Fish *et al.* (2016) vorgeschlagen hier dienlich sind.

Die Bewertung von Schadschwellen und des günstigen Erhaltungszustandes des baulichen und damit kulturellen Erbes ist also analog zu Biotop- und Artenzustandsbewertungen im örtlichen, regionalen sowie überregionalen Kontext vorzunehmen. Ein Ausschluss bestimmter Aspekte bei der Raumentwicklung, auch im vergleichsweise kleinskaligen Bereich von Festungsanlagen, ist derzeit durch keine rechtliche Grundlage im EU-Bereich zu begründen. Für Deutschland regelt zudem § 2 ROG die grundsätzlich gleichberechtigte und ausgewogene Raumplanung, die im Europäischen Landschaftsabkommen ihr EU Pendant findet. Beide wirken auch auf lokaler Ebene. Daraus ergibt sich die Verpflichtung, Denkmalschutz in und an Festungsanlagen umzusetzen, auch wenn ggf. zu schützende Arten oder Biotope in diesen vorzufinden sind, ggf. sind deren Belange sogar zurückzustellen. Siehe hierzu auch die Ausführungen in Kapitel 2.4.3.1. Problematisch ist die bislang fehlende Eingriffsregelung in den deutschen Landesdenkmalschutzgesetzen (Hönes, 2015: 667).

Sind zu schützende Arten vorzufinden, sind Eingriffsregelungen zwingend dann vorzunehmen, wenn damit der Erhaltungszustand der lokalen und regionalen Population nachhaltig, also signifikant und (!) erheblich (Thyssen, 2010), beeinträchtigt wird. Dies gilt nicht für Vorkommen von Arten außerhalb ihres eigentlichen Verbreitungsgebietes (Europäische Kommission, 2007: 10f). Im Bereich der FFH Relevanz ist die Listung dieser Art in Anhang II oder Anhang IV zu überprüfen. Für Arten nach Anhang IV der FFH-RL können vorgezogene Ausgleichsmaßnahmen bei unvermeidbaren Beeinträchtigungen festgelegt werden. Für FFH-RL Anhang II Arten ist dies unklar. Zudem liegt ein Verstoß gegen das Zerstörungs- und Beschädigungsverbot von Fortpflanzungs- und Ruhestätten von Arten nach Anhang IV der FFH-RL nicht vor, wenn die ökologische Funktion dieser Stätten im räumlichen (!!!) Zusammenhang weiterhin erfüllt wird bzw. durch geeignete Maßnahmen gewährleistet wird. Für den deutschsprachigen Raum gilt hier §44 Abs. 5 BNatSchG. Zu konkreteren Ausführungen hierzu siehe auch Bundesamt für Naturschutz (2010: 52f) sowie Bundesamt für Naturschutz (2010: 40) und Kapitel 5.4.6 bei Fledermausvorkommen in Festungsbauwerken.

5.3 Diskussion der Ergebnisse der Fernerkundung

Luftbildauswertung

Wie an den Standorten Fort Hahneberg (D) und Kaunas Fort IV und V (LT) gezeigt werden konnte, haben sich örtliche Waldstrukturen spätestens seit Ende des Zweiten Weltkrieges vor Ort bis Anfang der 2010er Jahre nahezu flächendeckend etabliert. Dies bestätigt die Vermutung, die sich aus den geschätzten Bestandsalter ergibt. Dies ist daher auch auf den Standort Fort Sarbinowo (PL) übertragbar.

Aus den Ergebnissen der Luftbildauswertungen am Standort Fort Hahneberg wird zudem deutlich, dass die ablaufende Sekundärsukzession und die Etablierung eines Waldes über ein Vorwaldstadium innerhalb von 20 bis 30 Jahren erfolgt. Vorausgesetzt hierbei ist die ungestörte Entwicklung. Gleiches ist auch für die beiden anderen Standorte annehmbar und ist verallgemeinert auf alle mitteleuropäischen Festungsstandorte übertragbar. Analogien zu dieser Entwicklung sind auf allen größeren ehemaligen militärischen Liegenschaften auf dem Gebiet der ehemaligen DDR zu beobachten. Diese Etablierung bedarf allerdings immer eines vorhandenen älteren fertilen Bestand bzw. Baum- und Straucharten, die als Pioniere die unbewaldeten Flächen durch hohen Diasporendruck und vor allem anemochorer Verbreitung erschließen können.

Mit der Ausbreitung waldähnlicher Strukturen ist gleichzeitig ein Zurückweichen des Offenlandes verbunden, da dieses nunmehr nicht mehr offengehalten wurde, wie es Pflegepläne für Festungsanlagen eigentlich vorsahen (Kapitel 2.7.4). Zusätzlich kommt es zu einer Verringerung der Offenlandanteile in urbanen bzw. periurbanen/ suburbanen Arealen durch die Ausweitung von Siedlungs- und Verkehrsflächen. Nach derzeitigem Stand ist gerade in stadtnahen und urbanen Gebieten das Verschwinden von Offenland inklusive der Brach- und landwirtschaftlich genutzten Flächen ein oftmals zu beobachtender Vorgang.

Die Nutzung von Luftbilddaufnahmen ist vor allem in verstädterten Regionen, wie für den Großraum Berlin, eine zusätzliche historische Quelle, um langfristige Prozesse der Flächenkonversionen und Nutzungsveränderungen zu beobachten und zu quantifizieren. Nicht immer sind hierbei allerdings Archive überhaupt zugänglich, Aufnahmen zur Nutzung aufbereitet und freigegeben, kostenfrei verfügbar oder überhaupt vorhanden. So ist es für z.B. für den Standort Fort Sarbinowo fraglich, ob es für die Zeit vor oder aus dem Zweiten Weltkrieg Luftbilddaufnahme gibt, da dieses „nur“ ein detachiertes Fort der Festungsstadt Küstrin war.

Gegebenenfalls sind in den nächsten Jahrzehnten für diesen oder auch für andere Standorte Luftbilder verfügbar und frei zugänglich.

Die Nutzung nicht-staatlicher Quellen für Luftbildaufnahmen, wie sie z.B. bei Google Earth möglich ist, kann nach einer Einschätzung aus den Umsetzungen in dieser Arbeit für einige Standorte Hilfsdaten liefern. Hier sind vor allem die größeren Ballungszentren in Mitteleuropa vermutlich auch in Zukunft historisch besser sichtbar.

Zusätzlich sei noch angemerkt, dass hochauflösende panchromatische und radarbasierte Luftbildaufnahmen im Rahmen von nationalen und internationalen Kampagnen weiterhin stattfinden und vor allem frei und einem internationalem Publikum zugänglich gemacht werden sollten: Diese Aufnahmen und Daten dienen sowohl diversen Forschungszwecken, z.B. zur Eichung von satellitendatenbasierten Flächenklassifizierungen, als auch dem Allgemeininteresse und sind sowieso schon aus Steuergeldern bezahlt.

Satellitendatenauswertungen

Die Nutzung und Auswertung von Satellitendaten der jüngsten Vergangenheit war ein Bestandteil dieser Arbeit. Dies erfolgte aus dem Ansatz heraus, Daten der Luftbildauswertung und traditionelle Kartierungsmethoden und Standortbegehungen zu ergänzen und zu testen, ob diese gänzlich ausbleiben können, wenn größere Landschaftseinheiten erfasst oder Veränderungen von Biotopflächenanteilen detektiert werden sollen.

Als Fazit ist festzuhalten, dass diese Daten für die dichtbesiedelten Räume und Regionen Europas, in den diese Festungsstandorte liegen, derzeit nur als Ergänzung zu konventionellen Standorterkundungen und Luftbildauswertungen dienen sollten. Das hat auf Basis der hier vorgestellten Ergebnisse mehrere Gründe:

Zum einen sind bislang vorhandene frei zugängliche Quellen nicht immer in der Lage, genug Daten jahreszeitlicher Vegetationsdynamiken zu liefern. Zusätzlich sind bislang vorhandene Auflösungen im Vergleich zu Luftbildaufnahmen für die flächengetreue Abbildung und Quantifizierung von Biotopklassen (Tabelle 2) im urbanen oder peri-/ suburbanen Raum zu ungenau. Zusätzlich sind diese Daten nicht in der Lage, vor allem in weniger dicht besiedelten Arealen eine ausreichend hohe Trennschärfe zwischen diesen Arealen und Klassen zu liefern. Dies ist allerdings zum Teil auch auf die Luftbildauswertung anzuwenden, da diese nur bedingt geeignet ist, katastergerechte Zuordnungen zu erlauben. Die Nutzung eines offiziellen Katasters

als Baustein einer Fernerkundungsdatenauswertung ist daher dringend erforderlich, vor allem für urbanisierte Regionen.

Zum anderen konnte gezeigt werden, dass klassische und daher in dieser Arbeit verwendete verallgemeinernde Klassifikationsalgorithmen (basierend auf *k-means* und *random forest* Klassifikationen) nur bedingt geeignet sind, hohe Aussagegenauigkeiten bezüglich einer Biotopzugehörigkeit zu liefern. Zu geringe Iterationsschritte innerhalb der Algorithmen können hier eine zusätzliche Fehlerquelle sein. Zusätzlich unterscheiden sich die Ergebnisse zwischen den verwendeten Modellen/ Algorithmen. Angewendete Modelle müssen daher zwingend für den lokalen räumlichen Kontext entwickelt, geeicht und präzisiert werden. Dies ist allerdings zeitaufwendig. Zusätzlich ist anzuführen, dass in verstädterten Regionen und Arealen mit komplexen Strukturen selbst-sortierende Algorithmen in der Kombination mit derzeitigen Auflösungen der optischen Instrumente der Satelliten hohe Ungenauigkeiten liefern. In Regionen mit wenig anthropogenen Störfaktoren, wie am Standort Fort Sabinowo, liefern diese Algorithmen dagegen akzeptable und nahezu wahrheitsgetreue Zuordnungen, die allerdings immer auch mit Luftbilddaten und standörtlichen Erfassungen abgeglichen werden müssen. Die Trennung von immergrünen Nadel- und sommergrünen Laubwaldflächen scheint in den hier verwendeten Ansätzen grundsätzlich plausible Resultate zu liefern, unabhängig von verwendeten Algorithmen.

Auch ist anzuführen, dass die Ergebnisse dieser Arbeit darauf hindeuten, dass Klassifikationsbewertungen, egal welcher Algorithmen, mittels Indices niemals nur einen Index verwenden sollten. Insbesondere sind diese Bewertungsalgorithmen bei größeren vorhandenen Wasserflächen nicht in der Lage diese zusätzlich zu anderen landbürtigen Biotopklassen herauszustellen, so dass es wie am Beispiel Kaunas Fort IV und V zu einer Trennung von Land und Wasser kommt. Der hier verwendete *ex-ante* Algorithmus nach Roller *et al.* (2016) und Gerlitz *et al.* (2018), basierend auf Michelangeli *et al.* (1995), der eine eingebaute interne Klassifizierungsbewertung hat, ist dagegen in der Lage mit diesen Aspekten umzugehen.

Abschließend sei darauf hingewiesen, dass Klassifikationsalgorithmen für große Datensätze, um hohe Genauigkeiten zu produzieren, relativ viel Rechenaufwand bedürfen. Die Benutzung von parallelisierten Rechenprozessen sowie mehreren Wiederholungen der einzelnen Klassifikationen kann hierfür nur empfohlen werden. Hinweise zur Findung von Zeit- und Genauigkeitsoptima finden sich in Tabelle 15. Zusätzlich sei hier nochmal auf die Sensitivität

des Stichprobenumfangs hingewiesen, der sowohl für die eigentlichen Klassifizierungsergebnisse als auch für die Klassifizierungsbewertungen von Relevanz ist.

Sowohl mittels Archiven der Luftbildaufnahmen als auch der verschiedenen Satellitendaten entstand und entsteht derzeit allerdings ein großer Fundus von Daten, der zur Bewertungen von Landschaftsveränderungen und Biotopveränderungen in Zukunft sowohl für den lokalen sowie regionalen Kontext der Kulturlandschaftspflege und -gestaltung immer wichtiger werden könnte. Mit diesen Daten lassen sich z.B. Schwellenwerte für Offenland- und Walsukzessionen *ex situ* überprüfen, bei denen ein Eingreifen und eine Biotoppflege notwendig wird, da normale und einfache Klassifikationen von Satellitendaten für den lokalen Zusammenhang hierfür ausreichen. Dies ist vor allem für die Festungsstandorte von Relevanz, die größere Flächen aufweisen und bei denen Sekundärsukzessionen von Waldflächen unerwünscht sind oder eingedämmt werden müssen. So ist es z.B. für den Standort Kaunas Fort IV wahrscheinlich, dass sich durch Wurzelbrut und Sameneinflug aus der direkten Umgebung in spätestens 10 Jahren ein Vorwald entwickelt haben wird, der die im räumlichen Kontext raren und bedrohten Wiesen- und Offenlandflächen sowie Hecken- und Gebüschstrukturen in ihrer Existenz bedroht.

5.4 Diskussion möglicher Resultate für ein Biotopmanagement in Festungsanlagen zur Umsetzung der Biotopvernetzung

Für den lokalen und regionalen Kontext ist, wie in Kapitel 2.1.3.3 sowie 2.1.4 dargestellt, die sozio-kulturell sehr unterschiedlich ausfallende Wahrnehmung und Bewertung von Natur und Landschaft von Bedeutung, da diese auf der naturschutzfachlichen und raumplanerischen Ebene als „zweite Natur des Menschen“ (Testa, 2008 in Kirchhoff, 2014) (unbewusst) normativ wirkt. So ist in Deutschland der Begriff von Landschaft weniger stark als in anderen Ländern durch Malerei und Kunsttheorie geprägt, obgleich es auch hier idealtypische Landschaften gibt, die historisch ihre Wurzeln in der gegenauflärerischen deutschen Romantik haben. Zusätzlich kommt es zu einer ausgesprochenen Objektivität im deutschen Landschaftsbegriff und -verständnis, im Gegensatz zur Bildhaftigkeit z.B. der französischen Landschaften *paysage* bzw. *campagne*, die schon seit etwa 2 Jahrhunderten als Kulturlandschaften wahrgenommen werden. So ist der Idealtypus der deutschen Landschaft zu einem gewissen Grad noch immer quasi menschenfreie, freie, ungeformte, wilde (Natur-)Landschaft (der Gegenauflärung in der deutschen Romantik) im Gegensatz zum französischen bzw. englischen Idealtypus, der als

paysage, campagne bzw. *landscape* immer eine harmonisch gestaltete, dynamisierte Kulturlandschaft mit vielfältigen Sichtachsen ist und damit mehr eine künstlerische Idee und Vorstellung ist, die zwingend einen Betrachter oder Betrachterin bedarf, als es im deutschen Kulturbereich der Fall ist. Der vorhandene Blick in bzw. auf die Landschaft ist also einer der Treiber lokaler soziokulturell determinierter und normativer Naturraumentwicklung und muss daher beim Biotopmanagement berücksichtigt werden.

Das für Festungen und Festungslandschaften vorgeschlagene grundsätzliche Biotopmanagement und -entwicklungskonzept hat Analogien in den Ideen des zonierten Landschaftsgartens bzw. Landschaftsparks. Hier werden, vereinfacht dargestellt, unterschiedliche Pflegeintensitätsstufen an der Objektlandschaft (Landschaft₂) umgesetzt und das subjektive Erlebbare der Landschaft₁ vielfältig ausgestaltet, z.B. durch unterschiedliche Sichtachsen und die Kombination verschiedener Landschaftselemente/ Biotope (Schweizer und Werder-Zyprian, 2019), die aber auch einen Betrachter brauchen. In Deutschland sind z.B. der Fürst-Pückler-Park Branitz sowie der Wörlitzer Park solche Anlagen. Die Ideen zur Gestaltung solcher Anlagen reichen bis auf die grundsätzlichen Arbeiten Humphrey Reptons (1752-1818) zurück, dessen Arbeit „*Observations on the theory and practice of landscape gardening*“ (Repton, 1803) zum Gartenbauleitbild des 19. Jahrhunderts wurde.

Um es nochmal zu betonen, die hier grundsätzlich favorisierte naturschutzfachliche und landschaftliche Entwicklung und Nutzung von Festungsstandorten basiert nicht auf der Exklusion des Menschen, sondern auf der vielgestaltigen Entwicklung und Pflege von unterschiedlichen Biotopen innerhalb des Ensembles, die erlebbar und genutzt werden müssen.

5.4.1 Offenlandbiotope

Wie die Ergebnisse der Kartierungen zeigen, sind viele Offenlandbereiche in und um Festungsanlagen von Degradation, natürlichen und anthropogenen Standortveränderungen und einem sukzessiven allgemeinen Verschwinden betroffen. Damit einhergehend ist also ein Lebensraumverlust für die an diese Standorte direkt oder indirekt gebundenen Arten der Flora und Fauna. Das Schaffen von neuen Offenlandflächen im urbanen, peri- und suburbanen Raum wird grundsätzlich und ubiquitär gültig als unrealistisch eingeschätzt, da dem vielfältige Urbanisierungstrends entgegenstehen.

Um diese Trends im lokalen Kontext zu antizipieren, sind zwingend die Flächen der meistens flächigen Denkmäler Festungen zu erhalten und zu entwickeln und im Regelfall zu erweitern,

da gerade in anthropogen geprägten Festungskomplexen Waldstandorte neu sind und ohnehin nur Abbilder typischer städtischer Artenkombinationen. Nach Ellenberg (1996: 674) besteht der Schutz der Xero- und vor allem Mesobromion Flächen darin, diese offenzuhalten. Dies ist verallgemeinert aber auch auf alle anderen Offenlandbiotoptypen anzuwenden. Der Wert von Offenlandgesellschaften misst sich sowohl am Auftreten schützenswerter seltener floristischen Elemente als auch damit assoziierter Fauna, wie am Beispiel des Forts Hahnebergs und dessen Umgebung gezeigt werden kann:

„Die Untersuchung der Tagfalterfauna [...] [erfolgte, AdV.] auf Offenlandflächen des Forts, der Monitoringfläche und der Fläche südlich des Hahnebergweges [...]. Insgesamt konnten 32 Arten festgestellt werden; das entspricht ungefähr der Hälfte der 1991 für West-Berlin angegebenen 67 Arten [...] Die ausgedehnten Trockenrasen der Monitoringfläche sind Lebensraum für 22 Arten, die typisch für offene, nährstoffarme und extensiv gepflegte Standorte sind. [...] Die artenreiche und typische Tagfalterfauna im Bereich des NSG Fort Hahneberg ist auf offene, nährstoffarme, wärmebegünstigte und blütenreiche Habitate angewiesen die langfristig erhalten und gesichert werden sollen. [...]

[...] Die Untersuchungen im Gebiet des jetzigen NSG Fort Hahneberg (Monitoringfläche, Fort) sowie der NSG-Erweiterungsfläche [...] ergab insgesamt 25 Heuschrecken-Arten [...]. Damit können 65 % der in Berlin insgesamt vorkommenden 37 Arten nachgewiesen werden, so dass die Trockenrasen im Gebiet des NSG Fort Hahneberg als artenreich anzusehen sind und eine große Bedeutung für die Heuschreckenfauna Berlin haben. Dabei sind der hohe Anteil an gefährdeten Arten und die ausgeprägten lebensraumtypischen Artengemeinschaften bemerkenswert. Dabei sind der hohe Anteil an gefährdeten Arten und die ausgeprägten lebensraumtypischen Artengemeinschaften bemerkenswert. Das Artenspektrum umfasst vorwiegend xerothermophile sowie auch mesophile und hygrophile Arten. [...]

[...] 176 Bienen- und 151 Wespenarten (gesamt 327) konnten nachgewiesen werden, das entspricht fast der Hälfte des Berliner Gesamtartenbestandes [...]. Mit dieser für das vergleichsweise kleine Gebiet bemerkenswerten Artenvielfalt sind die Trocken- und Magerrasen des NSG Fort Hahneberg als Gebiet mit gesamtstaatlicher Bedeutung anzusehen.

[...] 170 Käferarten, die überwiegend an wärmebegünstigte Trockenstandorte gebunden sind, konnten nachgewiesen werden [...]. Die Standorte am Hahneberg stellen damit ein artenreiches Areal dar. Bemerkenswert ist, dass eine Art erstmals für die Region Brandenburg/Berlin festgestellt werden konnte, eine weitere wurde nach über 50 Jahren ohne

Nachweise in der Region Brandenburg/Berlin am Hahneberg wieder gefunden. Dabei werden 21 Käferarten in der Roten Liste Deutschlands, 17 Arten in der Roten Liste Brandenburgs und 14 in der von Berlin aufgeführt, wobei hier die Einstufung auf West-Berliner Daten basiert“ (Putkunz - Landschaftsplanung, 2014: 54-60)

„Die Zauneidechsen besiedeln die hier vorhandenen trockenen Gras- und Staudenflure sowie Gehölzrandbereiche. Weniger günstig sind die großflächiger offenen Gras- und Staudenfluren südlich der Heerstraße sowie im Kuppenbereich des Neuen Hahnebergs. Auch größere und dicht geschlossene Hochstauden- und Gehölzbestände, wie sie im Randbereich des Forts und des Neuen Hahnebergs verbreitet sind, werden von der Zauneidechse gemieden. Die großflächigen, durch höherwüchsige Gras- und Staudenfluren geprägten Offenflächen im Zentrum des Gebietes, können durch die Zauneidechse nur lokal, z. B. im Bereich der hier vorhandenen Steinhaufen genutzt werden. [...] Für die Ausbreitung und den Individuenaustausch zwischen Teilpopulationen ist die Zauneidechse auf einen durchgehenden Verbund geeigneter Trockenhabitats angewiesen (KOWARIK et al. 2006)“ (Hartong, 2014: 9).

Diese Aussagen nach Ansicht des Verfassers sind, auch wenn das untersuchte Areal größer ist als die eigentliche Fläche des Forts, verallgemeinert auf alle mitteleuropäischen Festungsstandorte und deren potentiell zu schaffender und pflegender trockener und halbtrockener Offenlandbiotope übertragbar, da diese Untersuchungen die grundsätzlichen soziologischen Arten-Biotopbeziehungen eines solchen Standortes aufzeigen.

Für die Erhöhung der Biotop- und Artenvielfalt auf solchen Standorten sind folgende Pflege- und Entwicklungsvorgaben umzusetzen, wobei unten zitierte Literatur nur einen grundsätzlichen aber richtungsweisenden Auszug darstellt.

Mechanische Mahd wird nicht empfohlen, da diese hohe Mortalitäten z.B. in der *Orthoptera*- und *Lepidoptera*-Raupen Fauna induziert (Humbert et al., 2010a; 2010b). Inselartiges Auflösen ungemähter Bereiche kann diese Effekte abmildern und ist verallgemeinert auf viele andere Taxa übertragbar (Humbert et al., 2012). Zu ähnlichen Ergebnissen kommen z.B. Handke et al. (2011), wenn sogenannte „Altgrasstreifen“ in Auewiesen stehen bleiben.

Mahdzeitpunkte haben in Bezug auf die floristische Artenzusammensetzungen verschiedene Effekte: Fördert die frühe Mahd vor allem blühende dikotyle Arten, sowohl den Frühjahrs- als auch den Spätsommeraspekt, fördert die späte Mahd insbesondere die Ausbildung von fertilen Samen der früh- bis mittelfrühen Arten (Johansen et al., 2019), so dass hierbei die

Diasporenbank aufgebaut wird. Späte Mahd fördert zusätzlich tendenziell die Entwicklung von monokotylen Arten, v.a. in Fettwiesen die Entwicklung von Obergräsern (Dierschke und Briemle, 2008: 143). Sehr früher regelmäßiger Schnitt wirkt sich zudem ungünstig auf die langfristige Entwicklung und Standortvorkommen von *Bromus erectus* und *Arrhenatherum elatius* am Standort aus (Ellenberg, 1996: 820).

Beim Vorhandensein von polykormonbildendem *Calamagrostis epigejos* in Trocken- oder Halbtrockenrasen sorgt der regelmäßige zweischürige Schnitt bereits innerhalb von zwei Jahren für eine starke Dezimierung der Bestände sowie für eine allgemeine Erhöhung der Abundanz von Trockenrasenarten (Házi *et al.*, 2011). Schuhmacher und Dengler (2013) beobachteten, dass eine einschürige Mahd keine Abnahme der *C. epigejos* Bestände gegenüber der ungemähten Variante verursacht und empfehlen eine vierschürige Mahd, die im Vergleich zu anderen Pflegeregimen sowohl die höchste Gesamtartenzahl als auch die typischer Trockenrasenarten verursacht. Zusätzlich kommt es hier zu einer deutlichen Erhöhung der Abundanz von Orthoptera Arten dieser Standorte.

Die zeitliche gestaffelte Mahd sowie das Auslassen von ungemähten Bereichen innerhalb der zu mähenden Bereichen kann auch bei maschineller Mahd das faunistische und floristische Artenspektrum erhöhen und fördern, wobei ein Mulchen für den Erhalt des Mesobromion bzw. Magerrasen grundsätzlich nicht förderlich ist (Ellenberg, 1996: 717). Für ein auf bestimmte faunistische und floristische Zielarten bzw. Ziele auszurichtendes Mahdregime inklusive Indikatoren für die lokale zeitliche Bestimmung des optimalen Mahdzeitpunkts und der Umsetzung sind im Detail die Ausarbeitungen von Drobnik und Poschlod (2011) zu nutzen.

Zusätzliche Maßnahmen sind das Freilegen von sandigen Rohböden, um immer wieder Initialstadien für Offenlandgesellschaften zu bilden aber auch für spezielle Arten, ggf. in der Kombination mit Narbenumbrüchen bei *C. epigejos* Invasion (Schuhmacher und Dengler, 2013).

Nur die häufigere extensive Beweidung mit Schafen und Ziegen, und nicht ein „strenger Naturschutz“ ist als Wiederherstellungs- und Erhaltungsmaßnahme für Magerrasen empfohlen, da die Beweidung die Diasporenausbreitung fördert und für ein Ausbleiben der Verbuschung im Trockenrasen sorgt (Ellenberg, 1996: 718). Zu Pflegeempfehlungen anderer soziologischer Offenlandstandorte siehe u.a. Dierschke (1997) sowie Burkart (2004).

Zusammenfassend sind also für Offenlandflächen vor allem regelmäßige (!) zeitlich gestaffelte und alternierende intensive und extensive Pflegeregime umzusetzen, um diese Flächen naturschutzfachlich zu entwickeln, zu erhalten und zu schützen. Da in Festungsanlagen nicht immer eine maschinelle Mahd möglich ist, sind dann manuelle Arbeiten umzusetzen. Ggf. ist diese durch in ihrer Intensität alternierende Beweidung zu ergänzen oder zu ersetzen. Die Beweidung und die regelmäßige Bewirtschaftung ist zudem historisch die Hauptursache für die Existenz von Offenlandflächen im Mitteleuropa. Zu grundsätzlich gleichen Ausführungen, v.a. für die Förderung von Insektenarten am Standort Fort Hahneberg (D) kommt der Pflege und Entwicklungsplan von Putkunz - Landschaftsplanung (2014). Für weitere Ausführungen zum Ursache-Wirkungskomplex in Offenlandbiotopen wird auf die komplexen Ausarbeitungen im Rahmen des „Jenaer Experiments“ verwiesen (Roscher *et al.*, 2015; Simons und Weisser, 2017; Weisser *et al.*, 2017; Ebeling *et al.*, 2018).

Zur Signifikanz von Eingriffen in Offenlandbiotope vergleiche die Ausarbeitungen im Vorfeld zu dieser Arbeit in Riesbeck und Junghans (2014: 19-23).

5.4.2 Waldbiotope

Waldbiotope in Festungsanlagen stehen diametral den Entwicklungszielen von Offenlandbiotopen entgegen. Wie die historischen Daten nahelegen, sind örtliche Waldstrukturen in den Forts Resultat von sekundärer Sukzession durch die Einstellung von Nutzungen in den Anlagen und der damit verbundenen Pflege der Offenlandbiotope.

Die flächendeckende Besiedlung und Ausbreitung von Waldarten und vor allem Bäumen erfolgte aus den vor 50 bis 70 Jahren in der Umgebung vorhandenen Beständen, die zu diesem Zeitpunkt ein geschätztes Alter von maximal 30 bis 50 Jahren aufwiesen. Eine v.a. anemochore Verbreitung der Baumarten ist wahrscheinlich (*Acer spec.* dominierte Bestände). Dies mag nicht für weitere Standorte Mitteleuropas zutreffen, weist aber auf die Besiedlungspotentiale umliegender Baumgruppen oder Arten in diese Areale hinein hin.

Wie die Auswertungen erhobener Daten aufzeigen, sind Artenzusammensetzung der sekundären Festungswälder oftmals zwischen den Standorten ähnlich. Komplexe Artengefüge oder beschreibbare soziologische Einheiten sind in der Regel nicht vorgefunden worden und beschränken sich auf angedeutete Assoziationsebenen. Verallgemeinert reflektieren vorhandene Waldstrukturen typische und meist urban geprägte und beeinflusste Waldausprägungen, die aktuell noch beforscht werden (Passarge, 1990; Vítková und Kolbek,

2010). Im Einzelfall sind Altbestände „reicher“ und naturnah aber meist von kleiner Flächengröße.

Die Ausweisung geschützter Waldbiotope in Festungsanlagen, wie sie z.B. im NSG Fort Hahneberg vorgenommen wurde, wird kritisch bis nicht nachvollziehbar angesehen, da die abiotischen Bedingungen, Flächengrößen sowie Altersstrukturen das nicht begründen können.

Trotzdem sind Waldgesellschaftsausprägungen denkbar, die am Standort zu den vorzuziehenden trockenen Offenlandflächen vermitteln können, aber eingegrenzte Areale brauchen, soll aus diesen nicht wieder eine Vollbewaldung der Standorte erfolgen (Ellenberg, 1996: 285ff). Tendenziell sind diese im subozeanischen bis subkontinentalen Bereichen in der Ordnung *Quercetalia roboris* R. Tx. 1931 (Pott, 1992: 520-528; Härdtle, 2004: 8), im subkontinentalen Bereich im Verband *Potentillo albae-Quercion petraeae* Jakus 1967 (Ellenberg, 1996: 292f) sowie im subkontinentalen bis kontinentalen Bereich vermutlich in der Assoziation *Peucedano-Pinetum* W. Matuszkiewicz 1962 anzusiedeln, werden aber wegen zu geringer Flächen, auch bei der Vollbewaldung der Standorte, selten hohe Biotopqualitäten aufweisen. Andere abiotische Ausprägungen sind denkbar, hier vor allem in den nassen Grabenbereichen. Vergleiche hierzu insbesondere die Ausführungen für die Waldstandorte des Kaunas Fort V sowie die Gesamtdarstellungen zum selben Standort in Ißbrücker und Lachmann (2006).

Für das denkmalschutzgerechte Biotopmanagement in Festungsanlagen sind auf kasemattierten Bereichen keine Waldentwicklungen oder Bäume zu dulden, da die Auflasten, v.a. bei Bauwerksschäden, die Stabilität des Bauwerks gefährden, wie zum Beispiel am Fort Sarbinowo (PL). Anstelle dessen, müssen hier trockene Offenlandbiotope entwickelt werden, die zudem artenreicher als die sekundäre Laubwälder sind, wie die Kartierungen belegen, und daher als wertvoller einzustufen sind. Vergleiche hierzu auch Kapitel 2.7.4.

Baumvorkommen an und im näheren Bereich von Escarpe- und Contreescarpemauern und anderen Stütz- und Außenmauern sind ebenfalls aus Sicht der standörtliche Denkmalpflege nicht zu tolerieren, da Windlasten und resultierende Scherkräfte, diese oftmals schon geschädigten Denkmalselemente noch weiter schädigen und schlussendlich zerstören können. Zudem ist das sekundäre Dickenwachstum der Wurzeln, auch des Efeus, bausubstanzschädigend (Haase, 2007). Vor allem betrifft dies die aus Ziegeln errichteten Mauern der meisten Forts und Festungsanlagen in Mitteleuropa. Alpine Festungen, haben, da

meist aus Stein errichtet, sowie oftmals abiotisch ungeeignet für eine Waldentwicklung, dieses Problem nicht.

Insbesondere Waldstandorte dienen vielen *Microchiroptera*-Arten als Sommer- bzw. Jagdrevier (Kapitel 5.4.6). Sind lokale Populationen nachweislich auf Waldstandorte angewiesen, was nicht immer der Fall sein muss, sind diese Waldstandorte im lokalen und auch im regionalen Kontext zu erhalten. Trotzdem muss der rechtlich notwendige Schutz der *Microchiroptera*-Arten im Einklang mit denkmalschutzrechtlichen und raumplanerischen Vorgaben und Zielsetzungen erfolgen (Kapitel 5.2 und 5.5 sowie Europäische Kommission, 2007: 9f). Dies ist bislang basierend auf den Erfahrungen aus dieser Arbeit nicht immer der Fall. Oftmals werden in den Waldstandorten nur univariate Schutzmaßnahmen umgesetzt, da ein komplexes *Microchiroptera*-Biotopmanagement in solchen Anlagen bislang auf wenig belastbaren Forschungsergebnissen basiert. Vordergründig werden nur Gesamtartenzahlen als Begründung für ausbleibende Waldstandortentwicklungen d.h. keine Aktionen genannt. Relevant ist hier aber immer die Signifikanz des Eingriffs sowie der Erhaltungszustand der natürlichen Population im regionalen Kontext und im natürlichen Verbreitungsgebiet (Europäische Kommission, 2007: 9-12; Thyssen, 2010).

Zur Signifikanz von Eingriffen in Waldbiotope vergleiche die Ausarbeitungen im Vorfeld zu dieser Arbeit in Riesbeck und Junghans (2014: 19-23).

5.4.3 Andere Biotope

Mauern

Die Mauervegetationen von Festungsanlagen (Brandes und Brandes, 1995) bedürfen nach Ansicht des Verfassers einer eigenen Untersuchung, die im Rahmen dieser Arbeit nicht leistbar war, da diese innerhalb Europas aber auch Mitteleuropas sehr unterschiedlich soziologisch strukturiert sein kann.

Zu Mauerbiotopen ist aber grundsätzlich anzumerken, dass diese abiotisch sehr unterschiedlich sein können. Mauerkronen neigen tendenziell zu trockenen Ausprägungen, wohingegen Mauerfüße feucht bis nass sein können. Expositionen und chemische Verhältnisse der Baumaterialien sind weitere abiotische Faktoren. Zudem spielen Beschattungen und örtliche Pflegemaßnahmen eine Rolle bei der Ausprägung von Mauervegetationen.

Mauern können zudem Rückzugsraum, u.a. im mediterranen Bereich für *Lacertidae*-Arten sein. Das muss bei Sanierungsarbeiten berücksichtigt werden.

Insbesondere im mediterranen Bereich stellen Besiedlungen von Mauern z.B. durch *Ficus sp.* ein riesiges Problem dar, da diese auch im Mauerwerk tief wurzeln und ein ausgesprochenes sekundäres Wurzelwachstum aufweisen (Potočník, 2014: 32).

Efeubegrünungen, v.a. bei Mauerwerk, sollten reduziert werden, da sowohl das sekundäre Dickenwachstum der Wurzeln als auch Haftwurzeln, die sich zu Ernährungswurzeln umwandeln, das Mauerwerk nachhaltig schädigen (Haase, 2007).

Zu Vorschlägen von naturverträglichen Rekonstruktionen an Mauern vergleiche die Ausarbeitungen im Vorfeld zu dieser Arbeit von Riesbeck und Junghans (2014: 32f).

Gräben

Gräben sind an den meisten Festungsanlagen vorzufinden. Vielerorts sind diese als trockene Gräben konzipiert, da diese auch als Laufgräben geplant waren. Aber auch Wassergräben finden sich vielerorts, so an Küstenfestungen oder an Zitadellen des Tieflandes.

Wie Ißbrücker und Lachmann (2006) oder Riesbeck *et al.* (2007) beschreiben, existieren vielfältige Biotop-Ausprägungen von nassen Gräben. Sind diese permanenter Natur und als Wassergräben konzipiert, sollten und müssen diese als Wasserbiotope betrachtet werden. Durch Eutrophierung, Verschlickung und Sedimentaufbau kann es zu Verlandungen kommen, die das Biotop in seiner Existenz gefährden. Feuchte Gräben können als solche konzipiert sein, oftmals sind aber örtliche Drainagen oder Ableitungen defekt. Hier muss im Gesamtkontext von Denkmalschutz und Naturschutz abgewogen werden, welche Maßnahmen ggf. zu ergreifen sind. Für alle angeführten Aspekte sind örtliche konkrete Lösungen auszuarbeiten.

Trockene Gräben reflektieren meist die direkt umgebende Biotopausstattung: ist diese waldartig, findet sich auch hier ein waldähnlicher Zustand. Das Gleiche gilt für Offenland oder Gebüsche. Analog zu deren Pflegeplänen sind daher auch die Gräben zu bewirtschaften, wobei tendenziell diese Gräben feuchter, lichtärmer und nährstoffreicher sind. Daher sind diese in diese Pläne als besondere Ausprägungen zu integrieren.

Hecken, Gebüsch und Obstgehölze

Nach Weber 1998a in Weber (1999: 4) sind Gebüsch entweder *ruicol* (waldunabhängig) oder *silvicol* (aus Waldarten zusammengesetzt). Artenzusammensetzungen dieser Gebüsch sind daher entweder gebüschliebend (*thmanophil*) oder waldliebend (*nemophil*).

Nach Ellenberg (1996: 776) sind entlang der Kontinentalitäts- und Wärmegradienten in Mitteleuropas Gebüsch in 3 Verbände einordenbar und zu erwarten: Im subatlantischen Bereich und vor allem auf sauren Böden das *Pruno-Rubion*, im submediterranen-Mitteleuropäischen Bereich das *Berberidion vulgaris* und im subkontinentalen bis kontinentalen Bereich v.a. auf Lehm Böden das *Prunion fruticosae*. Im Übergangsbereich zwischen *Pruno-Rubion* und *Berberidion vulgaris* steht das *Pruno-Ligustretum*, v.a. auf kalkreichen Böden. Die *Cotoneastro-Amelanchieretum* Faber ex Korneck 1974 Assoziation vermittelt als Waldsaumgesellschaft im *Berberidion vulgaris* Bereich zudem zwischen den *Xerobromion*-Offenlandgesellschaften und wärmeliebenden Eichenmischwäldern (Kapitel 5.4.2). Tendenziell ist diese als *ruicoles* Gebüsch auf felsigen Böden anzutreffen kann aber auch als Waldmantel vorliegen (Weber, 1999: 19) Zu Gebüschformationen frischer und nitrophiler Gebüschausprägungen vgl. Landesumweltamt Brandenburg (2007: 237ff).

Gebüsch nasser oder feuchter Standorten können sowohl *Salix spec.* reich sein (Landesumweltamt Brandenburg, 2007: 234ff) als auch zu komplexeren *Alnus*- bzw. *Fraxinus*-Gesellschaften (Ellenberg, 1996: 417-421) überleiten und sind dann als Auen- bzw. Bruchwaldgesellschaften aufzufassen, wie z.B. einige kartierte Standorte am Kaunas Fort V und durch Ißbrücker und Lachmann (2006) für das gleiche Areal detaillierter beschrieben. Zwischen Auengesellschaften und trockenen Kiefernwäldern vermittelt das *Berberido-Hippophaetum fluviatilis* Moor 1958 collin-montaner Stufen und kann u.U. Trockenrasenvertreter aufweisen. Diese Assoziation ist ursprünglich kontinentaler Herkunft und findet sich in Mitteleuropa an seiner westlichen Verbreitungsgrenze (Weber, 1999: 34-37).

Hecken und Gebüsch, Obstgehölze und auch örtliche Straucharten können mitunter Reminiszenzen ursprünglicher Nutzungen (Kapitel 2.7.4) sein und sind daher kulturhistorisch wertvoll. Zudem sind diese als wichtige Elemente der Kulturlandschaft zu begreifen und deshalb entsprechend der lokalen und regionalen Pflegepläne zu bewirtschaften. Insbesondere betrifft dies die zu Trockenrasen oder Halbtrockenrasen vermittelnden Laubgebüsch trockener und trockenwarmer Standorte. Hier ist v.a. die polykormonbildende *Prunus spinosa* als invasiv in die diese Standorte zu betrachten. Die Ordnung *Prunetalia spinosae* ist zudem als

eigenständiges Gehölz außerhalb von Wäldern auftretend, d.h. *ruricol* (Weber, 1999: 6) und ist gekennzeichnet von Arten mit gutem Stockausschlagvermögen (ebenda: 9). Diesen sind v.a. an sonnexponierten Lagen heliophile Saumgesellschaften vorgelagert, wie *Trifolio-Geranieta sanguinei* (ebenda: 12). Am Standort Kaunas Fort IV konnte dies bestätigt werden. Dieses *ruricole* Gebüsch ist regelmäßig alle 9-11 Jahre auf den Stock zu setzen (ebenda: 13). Das Auftreten von *Acer campestre*, *Carpinus betulus*, *Fraxinus excelsior* und *Quercus robur* in diesen Gebüschern deutet die Überalterung des Bestandes und beginnende Überwaldung an (ebenda).

Nemophile Vorwaldgebüsche reicher Standorte, wie *Sambucetalia racemosae* Oberdorfer ex Passarge in Scamoni 1963 sind meist von kurzer Dauer, wenn diese als Waldmantel vorliegen, da in diese zügiger Waldüberwuchs stattfindet (Weber, 1999: 78), sind aber abzugrenzen von ruderalen apophytischen Folgegesellschaften, z.B. mit hohen Abundanzen von *Crategus monogyna* oder *Clematis vitalba* (Weber, 1999: 7ff).

Andere nemophile Gebüsche v.a. die der Klasse *Franguletea*, sind Durchgangsstadien zwischen Offenland und zonalen Waldtypen, weisen daher oftmals Relikte früherer Formationen auf, können aber auch zu azonalen Ausprägungen wie z.B. *Alnion* Wälder vermitteln. Sind diese solitär wachsend sind diese analog zu anderen Hecken regelmäßig auf den Stock zu setzen, sollen sie nicht verschwinden (Weber, 1998: 9).

Hecken und Gebüsche brauchen eine regelmäßige Pflege. Wie diese unter örtlichen Bedingungen umzusetzen ist, ist u.a. rechtlicher Natur. Daher wird unspezifiziert auf diesbezügliche lokal geltende Literaturaspekte verwiesen.

Wie die Kartierungen am Kaunas Fort V zeigten, sind Auftreten bestimmter Lepidoptera-Arten mit der örtlichen Existenz von Fallobstwiesenresten und Obstgehölzen assoziiert, wie z.B. das Auftreten von *Vanessa atalanta* und *Nymphalis antiopa* nur an diesen Standorten. Diesbezüglich sind weitere synökologische Artenvorkommen nicht auszuschließen. Die ursprüngliche Existenz von Obstgehölzen in Festungsanlagen beruht auf der Versorgung der Festungsbesatzung (Kapitel 2.7.4). Die Umstände hierfür sind so nicht mehr existent. Da diese in den meisten beobachteten Fällen überaltert sind, bedarf es hier einer lokalen Klärung der Relevanz. Als grundsätzliche Schutzmaßnahmen sind diese Gehölze mittels obstbaulicher Maßnahmen künstlich am Standort zu verjüngen und deren Sortenaspekt zu überprüfen. Zusätzlich sind die Altbestände von übergreifenden Waldüberdeckungen zu befreien.

5.4.4 *Pflege- und Managementpläne*

Grundsätzliche Vorschläge für eine Bewertungsmethode von Eingriffen in Natur und Landschaft bei Sanierungs- und Entwicklungsvorhaben in Festungen finden sich in Riesbeck und Junghans (2014: 27ff). Diese sind im Zusammenhang mit den Ausarbeitungen von Zupančič *et al.* (2014) und Potočnik (2014) für die Ausarbeitung von Denkmalschutz- und Rekonstruktionsplänen von Festungsdenkmälern zu sehen und sind als Abschlusddokumente Resultate des multidisziplinären und internationalen EU Projektes *Forté Cultura*.

Die Umsetzung von naturschutzfachlichen Pflegeplänen in Festungsanlagen sollte aus Erfahrung durch örtliche Arbeitsgemeinschaften und Vereine der Festungsfreunde unter der Mitwirkung einer fachlich geeigneten Beratung erfolgen. Ein Monitoring ist einzurichten.

5.4.5 *Novel ecosystems sowie Arten- und Naturschutz in Festungsanlagen*

Wie die vergleichenden Biotopkartierungen der mitteleuropäischen Festungsanlagen aber auch darüber hinaus belegen, entsprechen vorhandene Pflanzengesellschaften weder komplexen natürlichen (Wald-)Gesellschaften (können dies auch noch nicht sein) noch sind die Gesellschaften des Offenlandes mit den in der Literatur beschriebenen komplexen Gesellschaften der durch menschliche Aktivitäten geschaffenen Formationen soziologisch kongruent oder gesättigt. Biotoptypen dieser Anlagen sind grundsätzlich neue Formationen, die derzeit nur Analogien zu beschriebenen Gesellschaften aufweisen. Daher sind v.a. Waldbiotope als *Novel Ecosystems* (Neuartige Biotope) (Kapitel 2.5.3) aufzufassen, deren Ausprägung auf die Anthropogenität der Standortbedingungen hinweist, gleichzeitig aber potentiell hohes ökologisches Entwicklungspotential haben. Für diese Biotope existiert derzeit als solche, soweit bekannt, keine eigene Schutzgebietskategorie.

Biotopmanagement in *Novel Ecosystems* heißt, dass abgewogen und identifiziert werden muss (Hobbs *et al.*, 2009), ob es

- eine Rückkehr in einen historischen Zustand gibt
- eine Wiederherstellung elementarer Schlüsselemente geben kann (*restoration of key system structures*)
- eine Rückkehr zu einem hybriden oder historischen Zustand aufgrund zu großer, systeminterner, Wiederherstellungsbarrieren (*restoration thresholds*) unwahrscheinlich oder ausschließbar ist.

Für die meisten Flächenbiotope in Festungsanlagen ist festzuhalten, dass obige Kriterien meist nicht zutreffen: ein historischer Zustand kann ggf. restauriert werden, ist allerdings nicht rückwirkend beschreibbar. Die Wiederherstellung elementarer Schlüsselemente scheitert daran, dass die historischen (ökologischen) Elemente unbekannt sind. Wiederherstellungsbarrieren für einen hybriden bzw. historischen Zustand sind aus diversen Gründen als grundsätzlich hoch einzuschätzen. Die Ausprägung eines temporären Equilibriums (*steady state*) der Artenbeziehungen als Grundlage der synsoziologischen Beschreibung wird aus Gründen der Dynamik in diesen neuen Biotopen abgelehnt. Vielmehr wird die Unumkehrbarkeit (Irreversibilität) in einen hybriden bzw. historischen Zustand (Hobbs *et al.*, 2009) als Indikator für eine Definition favorisiert, auch wenn die Feststellung der Irreversibilität durch Indikatorensysteme aktuell noch entwickelt und diskutiert wird (Aronson *et al.*, 2014; Truitt *et al.*, 2015).

Für diese Standorte wird daher empfohlen, diese als Naturentwicklungsflächen zu betrachten und diese verallgemeinert in die urbane Freiraumplanung unter der Berücksichtigung und Entwicklung von Ökosystemdienstleistungen (*ecosystem services* - ESS) zu integrieren. Hierbei sind deren einzelnen „Leistungen“ (Bereitstellende, Regulierende, Kulturelle und Unterstützenden Leistungen) zu bewerten und zu entwickeln, u.a. zur Unterstützung der Arten- und Naturschutzbemühungen. Insbesondere sollten immaterielle kulturelle Leistungen (*intangibles*) in diesen Anlagen auch im Fokus der Naturraumentwicklung stehen. Die EU-Strategie zur *Green Infrastructure* (European Commission, 2013b; 2019a; 2019b; 2019c; 2019d) beinhaltet diese o.g. Aspekte und verweist u.a. auf die Nutzung von Fernerkundungsdaten für die Identifikation und das Monitoring dieser Flächen hin.

Daraus ergibt sich, neben dem allgemeinen Ziel der Umsetzung der Nachhaltigkeitsagenda die diffizile Aufgabe der Umsetzung von Arten- und Naturschutz in solchen Anlagen unter der Berücksichtigung von Denkmalschutzaspekten (Als der Teil der Nachhaltigkeitsagenda). Vergleiche hierzu Kapitel 5.5.

Verallgemeinert sollten diese Standorte als Trittsteine und Habitate im Sinn der Biotopvernetzung entwickelt werden, da diese als temporäre Aufenthaltsorte „niedrige Qualitäten“ haben dürfen und funktioneller Natur sind.

Basierend auf Wittig (2012: 254) und verallgemeinert sind Pflanzenarten extremer Standortbedingungen, z.B. saurer, magerer und trockener Standorte, stark gefährdet. Daran gebunden sind Tierarten, die diese Arten und deren Gesellschaften als Nahrungsquelle und für

den Arterhalt brauchen. Festungsanlagen können diese extremen Standorte aufweisen. Wie die Biotopkartierungen gezeigt haben, existieren in den Festungsanlagen Mitteleuropas potentielle Gesellschaften mit Arten der Klassen Festuco-Brometea und Sedo-Scleranthetea. Diese sind häufig vergesellschaftet mit Arten oder Gesellschaften des Wirtschaftsgrünlandes Molinio-Arrhenatheretea. Die naturschutzfachliche Entwicklung und Pflege dieser Flächen ist daher aufgrund obiger Ausführungen den abiotischen Aspekten folgend in solchen Anlagen zwingend umzusetzen, auch wenn komplexe Artengefüge oder wertvolle, artenreiche und soziologisch klar beschreibbare Artenkombinationen auch in Zukunft ausbleiben mögen.

Für die meisten bekannten Fälle ergibt sich dadurch für den Denkmalschutz ein Synergieeffekt, da z.B. das Xerobromion für eine stärkere Austrocknung des Boden innerhalb der Vegetationssaison sorgt, als das Mesobromion (Ellenberg, 1996: 684). Das Xerobromion und dessen Arten sollten daher, falls standörtlich möglich, als Entwicklungsziel für kasemattierte Bereiche und darüber hinaus fungieren. Falls das (abiotisch!!!) nicht möglich ist, sollte das Mesobromion und seine Arten gewählt werden. Dieses hat eine größere kontinentalere Standortamplitude. Zudem ist in allen Ausprägungen die Charakterart *Bromus erectus* zu etablieren. Vergleiche auch hierzu die Ausführungen in Ellenberg (1996: 665-704). Zu abiotischen Amplituden anderer möglicher Magerrasenausprägungen vergleiche insbesondere die Ausführungen und vergleichenden Tabellen in Ellenberg (1996: 668-671).

Gebunden daran ist ein jahreszeitlich differenziertes und zoniertes Pflegeregime, wie bereits oben beschrieben, anzuwenden, um naturschutzfachliche relevante dikotyle Arten und v.a. verschiedenste Insektenarten zu fördern. Potentielle Nutznießer davon sind die insektivore Avifauna sowie diverse *Lacertidae*-Arten. Obgleich das Xerobromion und auch das Mesobromion als „Sozialbrache“ recht stabil und widerstandsfähig gegenüber einer Strauch und Baumbesiedlung (Ellenberg, 1996: 714ff) ist, bedarf es gerade, wenn angrenzend an Säume oder beim Vorhandensein polykormonbildender Gehölze, Aufmerksamkeit, da eine „Verstauchung“ und „Verbuschung“ diese Standorte gefährdet und homogenisiert (ebenda). Gehölz- und Strauchstrukturen (Hecken und Gebüsche) sind daher örtlich zu begrenzen, soll nicht der Standort degradieren.

Offenlandbiotope der obigen Ausprägungen sollten in funktionellen Zusammenhang mit umliegenden anderen Strukturen und anderen Ausprägungen dieser gebracht werden um sowohl den Austausch mobiler Arten zur fördern als auch die genetische Vielfalt und die Diasporenbank zu fördern.

5.4.6 Fledermäuse in Festungsanlagen

Basierend auf den gemeldeten und für diese Arbeit verfügbaren Zahlen wird deutlich, dass Fledermäuse vor allem in Mitteleuropa, speziell in Polen und Deutschland, in Festungsanlagen vorzufinden sind (Abbildung 29 sowie Abb. A-28). Zu diesen Anlagen sind auch Bunker des 20. Jahrhunderts zu zählen. Insbesondere betrifft dies die polnischen Standorte des *Nietoperek* Nationalparks sowie die belgischen Standorte. Die *New Dutch Waterline* (NL) ist für das westliche Mitteleuropa eines der wichtigsten Quartiere (Limpens et al. 2007 in Boer et al., 2013).

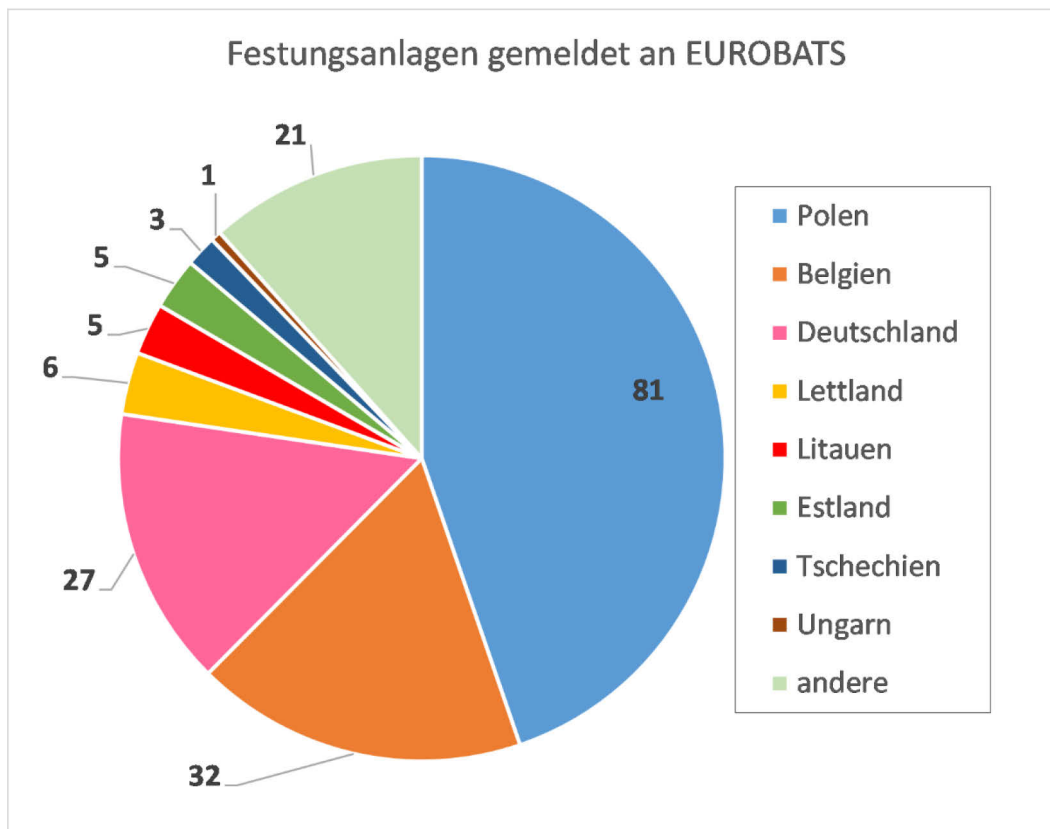


Abbildung 29: Anzahl der Festungsanlagen (inklusive Bunkeranlagen des 20. Jahrhunderts), geordnet nach Ländern, die an EUROBATS als unterirdische Quartiere für Fledermäuse gemeldet wurden, Stand 2014 (EUROBATS, 2016)

Diese Anlagen werden vermutlich vor allem als Winterquartier genutzt, und stellen Ersatzquartiere dar. In allen anderen Regionen Europas sind Festungsanlagen als Quartier für Fledermäuse vermutlich irrelevant. Das kann mehrere Ursachen haben: zum einen sind abiotische Bedingungen vor allem in südlicheren Regionen weniger geeignet, Überwinterungsquartier zu sein, da diese meist trockener und vor allem wärmer sind (Vergleiche Tabelle 21 zum abiotischen Anspruch an Winterquartiere selektierter Fledermausarten). Systematisch erhobene Daten finden sich in Boer et al. (2013) und

entsprechen grundsätzlich den in Tabelle 21 genannten Faktoren. Zum anderen kann aber davon ausgegangen werden, dass eine Festungsanlage in (touristischer) Nutzung sowie aus Denkmalsschutzgründen so trocken wie möglich gehalten wird, und deshalb auch deren trockene Kasematten keine geeignete Quartiere für Fledermäuse bieten. So sind durch Ortsbegehungen im Fort Monostor (HU) nur in den Arealen Fledermäuse in Mauerwerksspalten der Gewölbedecken gesehen worden, wo die Kasemattenabdichtung defekt war, also das Gewölbe feucht war. Aus Denkmalsschutzgründen wird dies vermutlich repariert werden müssen. Des Weiteren wird vermutet, dass in diesen Regionen andere natürliche Quartiere wie Höhlen in ausreichend großer Zahl vorhanden sind und diese tendenziell bessere Bedingungen bieten. Zusätzlich ist nicht auszuschließen, dass Fundorte in Festungsanlagen bewusst nicht gemeldet werden, um eine Nutzung der Festung nicht einzuschränken, da sich Betretungsverbote, wie z.B. in der Zitadelle Spandau (D), in der europäischen Festungsgemeinschaft herumsprechen.

Tabelle 21: Beobachtete abiotische Bedingungen in Winterquartieren selektierte Fledermausarten, nach Krapp und Niethammer (2011)

Art	Häufigste abiotische Bedingungen während des Winterschlafs	Haupteinflugszeit in das Winterquartier
<i>Barbastella barbastellus</i>	0-6°C, 75-90% rel. Luftfeuchte	Meist im späten Herbst, je nach Temperatur
<i>Eptesicus serotinus</i>	unbekannt	Herbst, nahezu unbekannt
<i>Myotis bechsteinii</i>	7,5-9,9°C, 97-100% rel. Luftfeuchte	später Herbst
<i>Myotis brandtii</i>	1,5-5,5°C	
<i>Myotis daubentonii</i>	3-8°C, >80% rel. Luftfeuchte	Spätsommer, früher Herbst
<i>Myotis myotis</i>	0-10°C, 85-100% rel. Luftfeuchte	
<i>Myotis nattereri</i>	3-7°C	
<i>Nyctalus leisleri</i>	selten in Höhlen	
<i>Nyctalus noctula</i>	2°C, selten in Höhlen	später Herbst
<i>Plecotus auritus</i>	unbekannt	unbekannt

In Tabelle 22 wird ersichtlich, dass Festungsanlagen als unterirdische Quartiere für Fledermäuse in den einzelnen Ländern unterschiedliche Relevanz haben. Grundlage sind jeweils die 2014 an EUROBATS gemeldeten Standorte. Eine Unterscheidung zwischen Standorten in Bunkern oder Anlagen des 20. Jahrhunderts sowie Festungsanlagen früheren Datums ist mit den EUROBATS Daten nicht möglich.

Tabelle 22: Übersicht des Anteils von Fledermausquartieren in Festungen sowie allen anderen unterirdischen Quartieren für eine Auswahl von Ländern Europas, Stand 2014 (Datenbasis: EUROBATS, 2016)

	DE	PL	CZ	BE	LT	EST	LV	HU
	Nationale EUROBATS Quartiere in Festungen / Gesamtanzahl der nationalen unterirdischen EUROBATS Quartiere							
	27/301	81/189	3/62	32/97	5/6	5/8	6/20	1/82
Art	Anzahl der Festungsquartiere mit der Art / Gesamtanzahl der unterirdischen Quartiere mit der Art							
<i>Barbastella barbastellus</i>	6 / 37	36 / 63	2 / 21	/ 1	5 / 6	/	/ 2	/ 9
<i>Eptesicus nilssonii</i>	/ 15	7 / 21	2 / 9	/	3 / 4	5 / 8	6 / 20	/ 1
<i>Eptesicus serotinus</i>	7 / 24	27 / 45	2 / 14	/ 6	2 / 2	/	/	/ 8
<i>Miniopterus schreibersii</i>	/	/	/	/	/	/	/	/ 10
<i>Myotis bechsteinii</i>	4 / 43	4 / 16	2 / 11	/	/	/	/	/
<i>Myotis blythii</i>	4 / 23	5 / 13	1 / 12	/	5 / 5	4 / 6	/ 8	1 / 10
<i>Myotis brandtii</i>	4 / 23	5 / 13	1 / 12	/	5 / 5	4 / 6	/ 8	/ 3
<i>Myotis dasycneme</i>	2 / 18	14 / 24	/ 5	/ 16	4 / 5	5 / 8	5 / 14	/ 7
<i>Myotis daubentonii</i>	11 / 87	43 / 91	2 / 21	1 / 29	5 / 6	5 / 8	5 / 19	/ 9
<i>Myotis emarginatus</i>	/ 3	/	2 / 15	/ 18	/	/	/	/ 13
<i>Myotis myotis</i>	9 / 86	28 / 65	2 / 35	1 / 22	/	/	/	/ 13
<i>Myotis mystacinus</i>	1 / 15	3 / 13	2 / 18	/	/	/ 1	/ 3	/ 6
<i>Myotis mystacinus/brandtii</i>	6 / 59	6 / 15	/	1 / 28	/	/	4 / 15	/
<i>Myotis nattereri</i>	10 / 88	46 / 96	1 / 15	1 / 25	4 / 4	1 / 3	0 / 11	/ 10
<i>Myotis sp.</i>	/ 11	/	/	/	/	/	/	/
<i>Nyctalus leisleri</i>	/ 2	/	/	/	/	/	/	/
<i>Nyctalus noctula</i>	1 / 6	/	/	/	/	/	/	/
<i>Pipistrellus nathusii</i>	/ 2	2 / 2	/	/	/	/	/	/
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	3 / 14	1 / 2	/	/ 12	/	/	/	/ 7
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	/ 2	/	/	/	/	/	/	/
<i>Pipistrellus sp.</i>	5 / 8	2 / 2	/	/	/	/	/	/
<i>Plecotus auritus</i>	15 / 86	43 / 88	2 / 21	/	5 / 6	5 / 7	6 / 19	/ 10
<i>Plecotus austriacus</i>	6 / 23	12 / 25	1 / 12	/	/	/	/	/ 11
<i>Plecotus sp.</i>	/ 9	/	/	1 / 26	/	/	/	/
<i>Rhinolophus euryale</i>	/	/	/	/	/	/	/	/ 13
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	5 / 48	/	/	/ 13	/	/	/	/ 10
<i>Rhinolophus hipposideros</i>	4 / 133	/	1 / 41	/ 5	/	/	/	/ 14
<i>Vespertilio murinus</i>	/ 2	/	/ 1	/	/	/	/	/
nicht genauer spezifiziert	3 / 24	/	/	/	/	/	/	/
keine Arte(en) genannt aber Ort ist gemeldet	3 / 51	24 / 52	/	31 / 64	/	/	/	/
Anzahl Standorte gesamt								

In Ungarn oder auch in Tschechien spielen Festungsanlagen als Quartiere (bisher) so gut wie keine Rolle. Im Gegensatz dazu, ist in Polen mit 81 Quartieren in Festungsanlagen etwa die Hälfte aller 181 gemeldeten europäischen Standorte vorhanden. In den baltischen Staaten sind Festungsstandorte als Quartiere ebenfalls relevant, v.a. in Litauen. Hier insbesondere die

Festung Kaunas (Pauza und Pauziene, 1998). In den in allen anderen Ländern der EUROBATS Staaten spielen Festungen als unterirdische Quartiere keine oder fast keine Rolle.

Wie aus den EUROBATS Daten ersichtlich wird sind vor allem in Deutschland und Polen *Myotis daubentonii*, *Myotis nattereri* und *Plecotus auritus* in diesen Quartieren vorzufinden. Für Polen kommen noch *Barbastella barbastellus*, *Eptesicus serotinus* und *Myotis myotis* hinzu. *Eptesicus nilssonii* ist als kontinental verbreitete Art (Krapp und Niethammer, 2011: 561-581) vor allem in den baltischen Standorten zu erwarten. Untersuchungen aus Litauen legen hier eine imaginäre südliche Arealgrenze in der Höhe von Kaunas fest (Pauza und Pauziene, 1998).

Zusätzlich ist auf Grund bekannten Wissens über Habitatpräferenzen von Fledermäuse festzustellen, dass Festungsanlagen nur eingeschränkt Jagdhabitat für Fledermäuse sind:

„This study has revealed that in the postglacial landscapes of central Europe, the only habitats strongly selected by bats (treated as a group) are water bodies, both stagnant and running - they are the crucial resource and place of concentration in the landscape, used as either foraging habitat or as drinking sites (Ciechanowski 2002). [...]

Open areas - grasslands and arable lands - are considered to be strongly avoided by bats (Walsh and Harris 1996; Russ and Montgomery 2002); this fact has been confirmed in this study. [...]

*Terrestrial habitats during pregnancy and lactation require less attention. The exception is tree lines in farmland areas, recently threatened by modernization of local roads. Their continuity must be preserved and their felling minimized if the most common bat species in the agroecosystems, *P. pipistrellus*, still has to provide its presumed ecosystem services (pest insect control). On the contrary, management of woodlands for bats in the studied region should focus on conservation of their daily roosts and does not require special modifications for maintenance of foraging sites. The latter recommendation should not be extended to threatened forest specialists (*M. bechsteinii* and *B. barbastellus* - Dietz et al. 2009) [...]*“ (Ciechanowski, 2015: 425-428)

Zu ähnlichen Präferenzen kommen Boer *et al.* (2013), wobei landwirtschaftliche Flächen hier für die Standorte der NDW durchaus mehr Relevanz haben können, als oben dargestellt.

Für die bewaldeten Festungsanlagen ist festzuhalten, wenn diese dazu strukturell geeignet sind, dass diese Wochenstuben, also Sommerquartier für Baumbewohner sind, die sowohl innerhalb des Waldes oder über den Kronen jagen können, wie z.B. *M. bechsteinii*.

Für die Offenlandbiotope oder gänzlich unbewaldeten Festungsstandorte bedeuten obige Ausführungen sowie die Artenbeschreibungen, dass Luftraumjäger wie *N. noctula* und *N. leisleri* in diesen jagen, da diese keine festen Jagdreviere haben (Krapp und Niethammer, 2011). Nach Wiesenschnitten sind Vorkommen von *Myotis myotis* denkbar (Krapp und Niethammer, 2011: 146), wenn diese ausreichend Nahrung bereitstellen. Denkbar ist auch das direkte Vorkommen von *Eptesicus serotinus*, die zugleich vermutlich die Strukturen als Winterquartier nutzen könnten. Zum einen ist diese Art relativ standorttreu, häufig im Tiefland vorzufinden, wenig wanderwillig, relativ anspruchslos und kommt in den Kulturlandschaften sowie urbanen Gebieten häufig vor (Krapp und Niethammer, 2011: 519-559).

Wie festzuhalten ist, sind Festungsstandorte zwar Quartiere für diverse *Microchiroptera*-Arten (Furey und Racey, 2016: 468), allerdings ist deren örtliche Abundanz regional sehr stark variierend und vermutlich nur in der mitteleuropäischen Tiefebene von Relevanz. Einzelne Objekte neigen nach Boer *et al.* (2013) zu größeren Vorkommen. Abiotische Bedingungen, Landschaftsstrukturen und örtliche Biotoptypen schränken deren Vorkommen während des ganzen Jahres ein. Waldstandorte in Festungsanlagen sind wegen ihres jungen Alters für Fledermäuse nur bedingt geeignet (Regnery *et al.* 2013b in Law *et al.*, 2016: 114). Unterirdische Strukturen sowie andere menschliche Behausungen sind als Trittsteinbiotope aufzufassen und dienen u.a. zur geographischen Arealexpansion (Voigt *et al.*, 2016: 435ff).

Ein totales Betretungsverbot von Fledermauskellern in Festungsanlagen ist nach Datenlage fragwürdig. Totalverbote nach §39 Abs. 5 BNatSchG sind nicht begründbar (Bundesamt für Naturschutz, 2010). Eine angemessene touristische Nutzung dieser im Geltungsbereich des BNatSchG ist daher zu tolerieren!

Nach Boer *et al.* (2013) sind verallgemeinert vor allem größere Raumvolumina, die Anzahl der Versteckmöglichkeiten sowie die Stärke der Kasemattenabdeckung positiv mit dem Auftreten von *Microchiroptera*-Arten in Festungskasematten und –räumen korreliert, da dadurch vor allem winterliche Schwankungen von Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit verringert werden. *P. auritus* hat als Art ein dazu gegensätzliches Verhalten. Nutzung und öffentlicher Zugang verringern verallgemeinert die Abundanzen in den Quartieren, wobei *P. auritus* und *M. daubentonii* diese Nutzungen tolerieren können. (ebenda).

Festungsanlagen als potentielle Fledermausquartiere sind daher artendifferenziert und landschaftsstrukturbasiert differenziert zu bewerten. Vor allem größere Einzelobjekte in Wassernähe und in der Nähe von größeren und älteren Waldgebieten sind nach verfügbarer

Quellenlage besonders präferierte Objekte. Offenlandbiotope sind nur eingeschränkt als Jagd- und Nahrungshabitat zu bewerten und oftmals nur von wenigen Arten als solche genutzt.

Bei Sanierungen und Rekonstruktionen von Anlagen als eigentliche Denkmalschutzumsetzung sowie der Biotopentwicklung und -pflege aber sind mitunter Belange des Fledermausschutzes zu beachten und umzusetzen, die allgemeine regionale Populationsentwicklung betroffener Arten berücksichtigen müssen. Hierbei geht es sowohl um die Schaffung von Ersatzquartieren als auch um eine ggf. notwendige Erhaltung und Berücksichtigung bestehender Quartiere in Gebäudestrukturen oder umliegenden Habitaten, wie kleinen Waldflächen. Detailfragen und dessen Lösungen müssen im konkreten Fall erarbeitet werden. Ansätze hierfür sind Vorfeld zu dieser Arbeit durch Riesbeck und Junghans (2014: 30f) herausgearbeitet worden. Weitere Ausarbeitungen zu diesem Thema und zu möglichen Lösungsmöglichkeiten finden sich in Bayerisches Landesamt für Umwelt (2001), Schulenberg *et al.* (2001), Reiter und Zahn (2006), Marnell und Presetnik (2010), Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr (2012), Razgour *et al.* (2013), Mitchell-Jones *et al.* (2017), Schmidt (2017), Kyheröinen *et al.* (2019).

Ein grundsätzlicher Ausschluss von Sanierungs- und Standortentwicklungsmaßnahmen durch die örtliche Existenz von Fledermausarten als Anhang IV Arten der FFH-RL ist derzeit rechtlich nicht begründbar, auch bei einem schlechten Erhaltungszustand (Kapitel 2.4.2.5), und wäre diametral zu Art. 2 Abs. 3 der FFH-RL. Eine Verschlechterung des Erhaltungszustandes stellt allerdings ein „*K.O. Kriterium*“ dar (Steeck, 2010: 9). Dabei sind vorgezogene funktionell wirksame ausgleichende und bestenfalls verbessernde Maßnahmen möglich und ausdrücklich anzuwenden (Europäische Kommission, 2007: 45-55, Steeck, 2010: 8f). Ein Vorschlag zu einem methodischen Vorgehen bei der Bewertung und Umsetzung von diesbezüglichen artenschutzrelevanten Sachlagen schlagen Runge *et al.* (2010: 76f, 82f) vor. Für Ausnahmetatbestände, d.h. solche die „*über die in Art. 16 Abs. 1 FFH-RL genannten Gründe hinausgehen*“ (Steeck, 2010: 9), und in einem Nichtstun resultieren, sind derzeit rechtliche Hürden hoch.

5.5 kritische Diskussion zum Umgang mit Kulturgütern, der Kulturautonomie und zum Umgang mit dem natürlichen Erbe

Das Europäische Parlament stellt 2001 in Bezug zur UNESCO-Welterbekonvention fest, dass in den Welterbestätten der EU das Naturerbe unterrepräsentiert ist und v.a. ein Fokus auf das Bauerbe gelegt wurde (Europäisches Parlament, 2001). Das EP empfiehlt *„die Zweckmäßigkeit eines Klassifizierungssystems des europäischen Erbes auf der Grundlage gemeinsamer Definitionen und Identifizierungskriterien zu prüfen, wodurch das kulturelle, sprachliche und natürliche Erbe, dessen Wert über das nur nationale Interesse hinausgeht, ermittelt werden könnte [...] und ist der Ansicht, dass architektonisches Kulturerbe, Kulturlandschaft und städtisches Kulturerbe als unteilbares Ganzes angesehen werden müssen, für das gemeinsame Schutzmaßnahmen konzipiert werden müssen“* (ebenda: Punkt 6 und 8).

Das EP fordert hier insbesondere auch die striktere Einhaltung sowie die Anwendung der Umweltverträglichkeitsprüfung, insbesondere des Art. 3, für die Bewertung der Auswirkungen von Projekten auf das kulturelle Erbe aber auch auf visuelle Auswirkungen von Projekten in der Landschaft. Es stellt das so definierte Kulturerbe (s.o.) mit anderen nicht erneuerbaren Ressourcen, also dem natürlichem Erbe, gleich, und hebt es damit gleichzeitig aus dem alleinigen nationalen Interessen- und Zuständigkeitsbereich heraus. Hier ist anzumerken, dass zum Zeitpunkt der Entschließung 2001 mit der Novellierung der UVP-RL 1997 bereits der Passus in Artikel 3 „Wechselwirkungen“ aufgenommen war.

Bei der Forderung des Europäischen Parlaments der Prüfung der landschaftlichen Auswirkungen ist vorausgesetzt, dass hier insbesondere die Auswirkung auf Flora und Fauna sowie auf die Umweltmedien Wasser, Luft und Boden gemeint sind, welche bereits zum Zeitpunkt der Entschließung des Parlaments z.B. durch die Umsetzungen der UVP-RL u.a. im BNatSchG, BauGB oder anderen Bundesgesetzen implementiert wurden. Soweit bekannt, war zudem die UVP-RL in ähnlichen Gesetzen aller EU-Mitgliedsstaaten implementiert. Allerdings bleibt unklar, wie die visuellen landschaftliche Auswirkungen konkret zu prüfen und zu bewerten seien.

Das EP erkennt in diesen Entschließungen also an und weist explizit darauf hin, dass der Kulturerbeschutz bei der Bewertung von Vorhaben nach Anhang I und II der UVP-RL im europäischen Kontext aber auch im nationalen Kontext berücksichtigt muss und dass der Schutz solcher Güter gleichzusetzen ist mit den Schutz von Flora und Fauna sowie den Umweltmedien.

Eine überregionale sowie internationale Bewertung der Schutzwürdigkeit des Kulturgutes hat also nach Auffassung des Parlamentes zu erfolgen. In diesem Kontext ist darauf hinzuweisen, dass dies explizit auch dem Anliegen der UNESCO-Welterbekonvention entspricht, die bezüglich einer Schutzwürdigkeit weder kulturelles Erbe noch natürliches Erbe priorisiert. Zudem werden beide „Teilerbe“ als gemeinsames Erbe betrachte, dessen Verlust auch die gesamte Menschheit betreffen würde: *“The cultural and natural heritage is among the priceless and irreplaceable assets, not only of each nation, but of humanity as a whole. The loss, through deterioration or disappearance, of any of these most prized assets constitutes an impoverishment of the heritage of all the peoples of the world”* (UNESCO World Heritage Centre, 1972 Operational Guidelines, Punkt 4). Zwar beziehen sich die Ausführungsbestimmungen auf die sogenannten „*outstanding assets*“ (hervorragende, im bildlichen wie übertragenen Sinn, Güter), der Sinn einer Gleichbehandlung durch den impliziten Wert dieser Güter wird aber deutlich. Nochmals ist in diesem Zusammenhang aber anzuführen, dass der aktuelle Katalog von UVP pflichtigen Vorhaben sich nicht auf Sanierungsmaßnahmen oder Biotopentwicklungsvorhaben in Festungsanlagen oder anderen bereits existenten Bauten oder Denkmälern bezieht.

Zugleich greift das EP auch die Anliegen und die Definitionen der Europäischen Landschaftsrahmenkonvention (Europarat, 20.10.2000) auf, die Landschaft als *„Ergebnis des Wirkens und Zusammenwirkens natürlicher und/oder anthropogener Faktoren“* begreift (ebenda: Art. 1 Absatz a) und fordert, *„Landschaften als wesentlichen Bestandteil des Lebensraums der Menschen, als Ausdruck der Vielfalt ihres gemeinsamen Kultur- und Naturerbes und als Grundstein ihrer Identität rechtlich anzuerkennen“* (ebenda: Art. 5 Abs. a). Auch hier gibt es Analogien zur UNESCO-Welterbekonvention, die auch Landschaften oder Kulturlandschaften als Welterbe ansieht. Siehe Kapitel 2.1.2 zu näheren Definitionen und Unterscheidungen von Landschaft und Kulturlandschaft.

Das grundsätzliche Verständnis des EP von Landschaft ist also so zu interpretieren, dass ein wesentlicher Bestandteil der Identität und damit auch Kultur darin besteht, dass es eine Wechselwirkungen von Kultur und Natur in der Landschaft gibt. Diese können sich sowohl ergänzen als auch bedingen. Ansätze dieser Sichtweise sind im 19. Jahrhundert zu suchen, aber auch schon davor (Mainzer, 2011; Kloepfer, 2012: 24–28; Trepl, 2012).

Auch in einer folgenden Entschliebung weist das EP darauf hin, *„dass das Kulturerbe sowohl das architektonische als auch das natürliche Erbe umfasst, das in Zeit und Raum durch die*

Lebensweise des Menschen geprägt wird... [und ist, AdV]... unabhängig von seiner europäischen, nationalen oder lokalen Dimension, von grundlegender Bedeutung für die europäischen Bürger ...[und das EP, AdV]...ist der Auffassung, dass das kulturelle Erbe als unteilbares Ganzes begriffen werden muss, das die Ergreifung gemeinsamer Schutzmaßnahmen gebietet“ (Europäisches Parlament, 2006).

Durch diese Forderungen wird durch das EP nochmals die Trennschärfe zwischen Umwelt-, Natur-, Arten- aber auch dem Kulturgüter- und Denkmalschutz aufgehoben. Somit können die Ausführungen, auch wenn sie (noch) in keinen rechtsverbindlichen Akten resultiert haben, als Ansatz und als Forderungen für eine prinzipielle Gleichstellung von Denkmalschutz und Natur- respektive Artenschutz angesehen werden.

Dies greift den Gedanken auf, der unter anderem bereits vor längerer Zeit, auch im deutschsprachigen Raum, existierte und durch Art. 150 Abs. 1 der Weimarer Reichsverfassung zur staatlichen Kulturaufgabe wurde: der gleichberechtigte Schutz der Denkmäler von Kunst, Natur, Geschichte und Landschaft. Erst durch das Reichsnaturschutzgesetz 1935 wurde hier eine Trennung herbeigeführt (Hönes, 2015), die u.a. in der konservativen Heimatschutzbewegung des 19. Jahrhundert angesiedelte einheitliche Auffassung von Natur und Kultur ins Gegenteil verkehrte (Kloepfer, 2012: 24–29; Trepl, 2012: 149–187 sowie Kapitel 2.7).

Übergeordnete völkerrechtliche Übereinkünfte und Regelungen zum Schutz und Erhalt von Denkmälern bzw. des architektonischen Erbes sind u.a. das europäische Kulturabkommen von 1954, welches die Bezeichnung „*gemeinsames kulturelles Erbe*“ erstmals aufgreift und zum Schutz dieser verpflichtet. Das Abkommen kann als nachkriegszeitliches Friedens-Pendent zum Haager Abkommen von 1954 angesehen werden, welches vorrangig als Regelung für Kriegszeiten anzusehen war, bei dem eingetragene Denkmäler in Kriegszeiten zu schützen sind (Kloepfer, 2012: 62–66). Zusätzlich stellt das Übereinkommen von Granada ein völkerrechtliches Instrument innerhalb der EU dar, welches u.a. den Schutz des baugeschichtlichen Erbes als ein wesentliches Ziel der Raum- und Stadtplanung ansieht und dies zum Bestandteil der Kultur-, Umwelt und Planungspolitik zu machen ist (Europarat, 3.10.1985: Art. 10).

Die Vergabe des *Europäischen Kulturerbe Siegels* (Das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union, 22.11.2011) basiert sowohl auf den o.g. Entschlüssen des Europäischen Parlamentes bezüglich der Definition eines gemeinsamen Klassifizierungssystems als auch in dem Bestreben, parallel zur UNESCO Auszeichnungen, sowohl das nationale als auch das grenzüberschreitende gemeinsame Kulturerbe innerhalb der

europäischen Gemeinschaft auszuzeichnen und aufzuwerten. Kriterien hierfür sind neben der geschichtlichen Relevanz auch weiche Faktoren, welche der gemeinsamen Kulturpolitik förderlich sind, so z.B. *die Organisation von Bildungsmaßnahmen* (ebenda: Art. 7).

Die Tradition einer europäischen Kulturagenda und das Bestreben, die gemeinsame kulturelle Identität und das gemeinsame Erbe zu erhalten und zu fördern und innerhalb der Gemeinschaft diesem einen adäquaten Raum zu geben, mündete 2018 in der Ausrufung eines Europäischen Jahres des Kulturerbes (Das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union, 20.05.2017) bei dem unter anderem im Bezug zum 100-Jährigen Jubiläum des 1. Weltkrieges auch militärisch geprägte Orte sowie Landschaften im Fokus der Agenda stehen.

Architektonische und andere raumgebundene Kulturgüter inklusive spezieller Kulturlandschaften sind also aus verschiedenen Sichtweisen heraus Teil einer europäischen Nachhaltigkeitspolitik und Raumplanung geworden, die sich nicht nur auf die Verbesserung der Umweltqualität, z.B. rechtlich verbindlich durch die UVP oder SUP oder den Schutz und Erhalt von natürlichen Arten und Lebensgemeinschaften beziehen. Dies kann als Teil einer globalen Nachhaltigkeitsagenda bewertet werden, welche durch die UN Generalversammlung in der *Agenda 2030* vielfältige und ineinandergreifende nachhaltige Entwicklungsziele (*sustainable development goals*) definiert (United Nations General Assembly resolution 69/315, 01. September 2015).

In Bezug zu den o.g. Aspekten veröffentlichte die Europäische Kommission eine Sammlung von Fallbeispielen, bei denen sowohl das Naturerbe als auch das Kulturerbe betrachtet werden. So wird im Vorwort auf den Notwendigkeit einer integrativen und ausbalancierten Bewertung und Betrachtung hingewiesen: „*These interlinkages [Verknüpfungen von Natur- und Kulturerbe, u.a. durch die Initiativen und Programm der CBD, des Europarates, der UNESCO und durch die SDGs, AdV], as well as the common challenges and threats faced by biodiversity and cultural assets, point to the synergies and multiple benefits that can arise from an integrated approach to their management at site level. We are therefore happy to present this series of case studies showing practical examples of different facets of such successful integrated management and contributing thus to strengthening links between cultural and natural heritage, in the light of the Action Plan for nature, people and the economy that was adopted recently by the European Commission, and in view of the 2018 European Year of Cultural Heritage.*” (European Commission, 2017: 3).

Mit dem Verweis, dass die ökologischen Ziele der Europäischen Gemeinschaft, namentlich das Schutzgebietsnetzwerk NATURA2000 und seine Teilaspekte auch den Schutz raumgebundener Kulturgüter beinhaltet, wird im weiteren Verlauf der Standpunkt der Europäischen Kommission deutlich: „*Natura 2000 also recognizes this multidisciplinary approach, and is playing a crucial role not only in protecting Europe’s most valuable species and habitats but also in maintaining and promoting cultural assets in the sites. The Directives make it clear that its biodiversity objectives should be met while taking account of economic, social, cultural and regional requirements. Many World Heritage sites overlap with a Natura 2000 site or are directly or indirectly protected by European nature conservation legislation.*” (ebenda: 5).

6. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

Die Konversion der ehemaligen militärischen Zweckbauten Festungen hat seit Anfang der 1990er Jahre in den betroffenen Regionen und Orten zu sehr unterschiedlichen Nutzungslösungen geführt. So steht die vollkommene zivile, normale und alltägliche Nutzung im krassen Gegensatz zu komplett ausbleibender Nutzung durch fehlende Nutzungskonzepte. Noch immer stellt sich daher für viele Festungsstandorte die Frage, welche Rolle diese Liegenschaften innerhalb einer Raumplanung spielen können. Diese Fragestellungen waren Thema zweier EU-Projekte, an denen die AG „Ökologie der Ressourcennutzung“ der ehemaligen Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät, jetzt Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften, der Humboldt-Universität zu Berlin partizipierte.

Während dieser Projekte und in dieser Arbeit wurden vielfältige vegetationskundliche Untersuchungen in verschiedenen Festungsanlagen Europas des 16. bis 19. Jahrhunderts durchgeführt, die das ökologische Potential dieser Standorte beschreiben sollten. Dabei sollten Aspekte der lokalen Biodiversität unter verschiedenen Nutzungsintensitäten beschrieben und insbesondere in dieser Arbeit verallgemeinert werden sowie Handlungsspielräume für die gemeinsame und gleichberechtigte Wahrhabe von Denkmalschutz und Naturschutz in diesen Anlagen ausgelotet werden. Dies erfolgte mit Hinblick einer umfassenden, nachhaltigen und auf komplexen Zielsetzungen ausgerichteten Raumplanung, im lokalen sowie im überregionalen Maßstab.

Wie durch die Ausarbeitungen in dieser Arbeit klargestellt wird, sind der Schutz und Erhalt der Biodiversität und der Schutz und Erhalt des kulturellen Erbes inklusive raumgebundener Kulturgüter zwei elementare Bausteine einer nachhaltigen Raumordnungspolitik und der

umzusetzenden Raumplanung und Landschaftsgestaltung innerhalb der Europäischen Union. Dies gilt als ein Fazit dieser Arbeit auf allen Ebenen und in allen Mitgliedsstaaten der Union. Das konnte in den zu dieser Arbeit vorausgegangenen Arbeiten in dieser Klarheit noch nicht ermittelt und belegt werden. Aus den Ausarbeitungen zur europäischen Kulturpolitik in diesem Kontext folgt aber auch, dass Festungsstandorte nicht nur von lokalem oder nationalem Interesse sind, sondern dass der Erhalt und die Pflege von Kulturgut eine gemeinschaftliche grenzübergreifende Aufgabe und deshalb von gesamtgesellschaftlichem Interesse ist. Dies ist also analog zu bestehenden Umwelt-, Natur- und Artenschutzregelungen innerhalb Europas zu sehen, obwohl es keine explizite gesamteuropäische Kulturschutzrichtlinie gibt und es eine solche auch nicht braucht.

In dieser Arbeit aber auch in den anderen diesbezüglichen Arbeiten an der Humboldt-Universität zu Berlin konnte aber auch gezeigt werden, dass ein Nichtstun, also die Einstellung oder Nichtwahrnehmung von denkmal- und landespflegerischen Aufgaben, zu nicht immer optimalen und im Gesamtkontext nachhaltig wirkenden Effekten für Baudenkmäler und Natur- und Artenschutz führen. So sind potentiell alle Festungsstandorte Mitteleuropas von natürlich stattfindender Bewaldung und der damit einhergehenden Homogenisierung der Biotopqualitäten betroffen. Zusätzlich konnte hier gezeigt werden, dass im urbanen Kontext der Anlagen insbesondere Offenlandbiotope immer rarer werden und deshalb besonderer Aufmerksamkeit bei einer Umsetzung der Landschaftspflege bedürfen, sollen die Ziele des Biotop- und Artenschutzes auch auf lokaler Ebene verfolgt werden. Dies steht nach Einschätzungen dieser Arbeit im Einklang mit denkmalpflegerischen Aufgaben für die Anlagen.

Zusätzlich wird durch diese Arbeit klar, dass innerhalb der landschaftsübergreifenden Biotopverbundplanung auf Basis der FFH-RL und des resultierenden Biotopverbundsystems NATURA2000 Festungsanlagen eine wichtige Rolle einnehmen. Zum einen sind diese schon für viele *Microchiroptera*-Arten Winter-, Interims- oder Sommerquartier und deshalb von europäischer Relevanz. Zum anderen haben diese Standorte das Potential sowohl Rückzugsraum für Artengemeinschaften und andere Arten zu sein, als auch das Potential, zu einer naturräumlichen Aufwertung gerade im urbanen Kontext beizutragen. Hierbei ist die Extensivität der Standorte im Vergleich zur Umgebung das Schlüsselement.

Auch beinhalten diese Standorte baulich bedingt größere abiotische Gradienten, die in der Konsequenz auf vergleichsweise kleinräumigen Arealen große Standort- und damit

Biotopvielfalten hervorbringen. So können durchaus bruchwaldähnliche nasse Gräben in direkter Nachbarschaft zu Trockenrasenausprägungen vorkommen.

Des Weiteren können diese Standorte durch ihre Naturnähe u.a. als Naherholungsgebiete einen wertvollen Beitrag zur Lebensqualität im urbanen Raum sowie für andere ökosystemaren Dienstleistungen leisten inklusive „weicher“ und wenig fassbarer Leistungen wie *intangibles*.

Daher sind diese Anlagen prädestiniert dafür, sowohl im regionalen als auch im überregionalen Kontext ökosystemare Trittsteine und Habitate für die Biotopvernetzung zu liefern, wenn es diese Anlagen nicht sogar schon grundsätzlich und unerkannt tun. Zusätzlich kann in diesen Anlagen in den meisten Fällen die Etablierung und Entwicklung von neuartigen Biotopen (*Novel Ecosystems*) *live* mitverfolgt werden. Diese Anlagen sind daher auch von naturwissenschaftlicher Relevanz.

Es konnte in dieser Arbeit gezeigt werden, dass für eine naturräumliche Bewertung und das Monitoring von landschaftlichen Veränderungen Daten der Fernerkundung eine wichtige Rolle spielen. Diese vergleichsweise neue Methode der Biotopbewertung und -klassifizierung ersetzt aber keine klassischen Feldkartierungen, da örtliche Strukturen mitunter zu komplex und kleinräumig sind, um sie sicher *ex-situ* zu klassifizieren oder zu bewerten.

In dieser Arbeit wurden Ansätze für die Ausarbeitung von lokalen landschaftspflegerischen Plänen vorgestellt, die auf naturwissenschaftlichen Erkenntnissen, Erfahrungen der Arbeitsgruppe sowie auf dem multidisziplinären und innereuropäischen Austausch während des *Forte Cultura* Projektes basieren. Diese Vorschläge sind auf der lokalen Ebene zu präzisieren und mit anderen, subtilen und verborgenen Aspekten der Landschaftsgestaltung abzugleichen, da die soziokulturellen Hintergründe der Landschaftswahrnehmung und -gestaltung, wie die hier vorliegenden Ausarbeitungen zeigen, innerhalb Europas sehr differenzieren können. Mitunter kann es dabei zu Unstimmigkeiten zwischen beteiligten Fachbehörden und anderen gesellschaftlichen Interessengruppen kommen. Zudem sei nochmals darauf hingewiesen, dass für die Erstellung von lokalen Pflegeplänen die Notwendigkeiten der Denkmalpflege einzuarbeiten sind. Diese Arbeit hat hierzu nur methodische sowie naturwissenschaftlich und rechtlich begründbare Lösungsansätze liefern können.

Wie bereits angedeutet, verdichten sich in dem „kleinen“ Raum der Festungsanlagen also alle denkbaren Ansprüche an die (Kultur-)Landschaft, diverse rechtliche Forderungen (Kapitel 2.4) sowie fachliche Diskussionen, wie zur Synanthropie von Arten (Kapitel 2.5.2), zur (adaptierten

Neu-) Ausrichtung des Naturschutzes (Kapitel 2.5.3) oder Diskussionen um die Relevanz der Bewertung von Umweltleistungen (Kapitel 2.8).

Schlussfolgerungen

Die Erhaltung historischer Festungsanlagen sollte niemals der Glorifizierung des Militarismus vergangener Zeiten dienen. Sie sollten aber als natur- und kulturhistorische Zeugnisse erhalten und als europäische Friedensmonumente bewahrt werden. Allerdings verdichten sich hier die verschiedenen gesellschaftlichen Aspekte und Zielsetzungen der Landespflege und Raumplanung. Das führt zu – auch verbehördlichten – Konflikten, die sich im Gerangel um Kompetenzdominanzen und Deutungshoheiten zwischen Denkmal- und Naturschutzinstanzen, vor allem in Deutschland, äußern. Das hat in der Konsequenz manchmal und im Extremfall irrsinnige Effekte, wie herbeikartierte zu schützende Biotope, Nutzungs- oder Sanierungsverbote oder den kategorischen Ausschluss ökologischer Standortentwicklungen in Festungsanlagen.

Gefordert wird in der Territorialen Agenda der Europäischen Union nämlich die gleichberechtigte Berücksichtigung aller gesellschaftlichen Aspekte für eine ausgewogene Raumentwicklung – Kultur- und Naturerbeschutz sind davon nur zwei. Die Zielsetzungen der Territorialen Agenda finden sich sowohl in der Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie, europäischen Kulturabkommen u.v.m. als auch auf nationaler Ebene wieder; in Deutschland so z.B. im Raumordnungs- oder Bundesnaturschutzgesetz. Es geht also in diesen Anlagen (und generalisiert) nicht um ein „entweder, oder“ sondern um ein „wie“. Zielführend für diese Realisierung wäre ein grundsätzlich entspannterer Umgang um dieses Bauerbe zwischen und bei den jeweiligen Akteurinnen und Akteuren. Hierfür bedarf es aber Empathie und(!) Verständnis unter allen Protagonistinnen und Protagonisten, aber auch stattfindende Kommunikation über gegebenenfalls gemeinsame Ziele und Absichten. Dies wird für Deutschland aktuell als strukturell unmöglich bewertet. Eine Verbesserung ist in Zukunft nicht zu erwarten, muss aber stattfinden.

Lokale Interessenvertretungen und Fachkulturen des Denkmal- und Naturschutzes haben sich in den letzten Jahrzehnten oftmals diametral und kontaktlos zueinander entwickelt. Dies wird als ein Grund für das latent hohe Konfliktpotential angesehen, was sich am Beispiel von Festungsanlagen äußern kann. In Deutschland hat dies historisch begründbare Ursachen, die nicht mehr zeitgemäß und zielführend sind. Ein Blick ins Ausland kann da manchmal helfen. Zusätzlich unterscheiden sich die Ideale und damit die Entwicklungsziele der Kulturlandschaft

im innereuropäischen Vergleich. Eine Überwindung des deutschen romantischen Landschaftsidealtypus „Wildnis“ oder auch des Konzeptes, dass Wald die natürliche Schlussgesellschaft in Mitteleuropa ist, wird hier bei der lokalen Raumplanung und Naturschutzfachplanung, nicht nur für das Fort Hahneberg selbst, als äußerst hilfreich angesehen.

Hohe Biotopqualitäten sind in Festungsanlagen, vor allem für die waldähnlichen Strukturen, hier auch in Zukunft ohnehin nicht zu erwarten. Offenlandstandorte sind zwar grundsätzlich artenreicher, dürfen aber nicht über- oder absichtlich fehlbewertet werden. Das gleiche gilt für Hecken und Gräben. Festungsanlagen müssen als das, was sie sind wahrgenommen werden: Elemente und Objekte in einer europäischen Kulturlandschaft, in denen manchmal seltene Pflanzen oder Tiere vorkommen können. Mitunter tut man sich aber schwer mit dem Wesen oder auch nur mit dem Begriff der Kulturlandschaft. Für die Umsetzung von Pflege und Erhalt des Gesamtensembles „Festungsanlage“ kann der Umgang mit Gartendenkmälern und historischen Landschaftsgärten und Parkanlagen ein Vorbild sein.

Für die Umsetzung der FFH-Biotopvernetzung müssen explizit für Trittsteine und andere funktionelle wirksame temporäre Habitate auf europäischer und auch nationaler Ebene neue Schutzgebietskategorien geschaffen werden. Ansonsten scheitert diese, da u.a. großflächige FFH-Gebietsausweisungen aufgrund fehlender Flächen und Fragmentierung der Landschaft nicht mehr stattfinden können. Diese Flächen sollten als Naturentwicklungsflächen und *Novel Ecosystems* (Neuartige Biotope) ausgewiesen werden. Mit den Methoden eines eng gefassten klassischen Naturschutzansatzes ist die Entwicklung solcher Flächen, Ökosysteme und Biotope allerdings nicht möglich. Hier ist eine neue realitätsnahe Ökosystementwicklung und Raumplanung nötig. Diese Aufgabe verbleibt bis auf weiteres bei den zuständigen Protagonistinnen und Protagonisten.

Festungsanlagen in Europa können diese Trittsteine und Habitate grundsätzlich beherbergen und tun dies teilweise bereits. Örtliche Biotopqualität muss dabei aber zwingend aktiv gestaltet und erhalten werden. Ein Nichtstun verarmt die Vielfalt der Lebensräume in Festungsanlagen auf längere Sicht und wird unweigerlich zur Zerstörung des Kulturerbes führen.

Durch die Vielzahl und Formenvielfalt dieser Anlagen in Europa existiert schon jetzt ein hohes und teilweise unbekanntes ökologisches Potential, welches sich aber in den raumplanerischen Gesamtauftrag einzufügen hat. Dabei ist auch der Raum innerhalb und außerhalb der Festungsanlagen zu betrachten. Dies ist zu vermitteln und umzusetzen.

7. Literatur

- Adamski P. & Ćmiel A. M., 2014: Habitat Loss, Uneven Distribution of Resources and Fragmented Landscapes—A Resource Based Model of the Patch Size Effect. *Applied Mathematics* **5** (19): 3206–3216. DOI: 10.4236/am.2014.519299.
- Altringham J. D., McOwat T. P. & Hammond L., 2011: Bats. From evolution to conservation. 2nd edition. Oxford, Oxford University Press, 324 S. DOI: 10.1093/acprof:osobl/9780199207114.001.0001.
- Al-Yaari A., Wigneron J.-P., Kerr Y., Rodriguez-Fernandez N., O'Neill P. E., Jackson T. J., Lannoy G. J. M. de, Al Bitar A., Mialon A. & Richaume P., et al., 2017: Evaluating soil moisture retrievals from ESA's SMOS and NASA's SMAP brightness temperature datasets. *Remote sensing of environment* **193**: 257–273. DOI: 10.1016/j.rse.2017.03.010.
- anonymous, 2017a: Liste der Festungen in Deutschland. Zugang: de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=168257294 [13.09.2017].
- anonymous, 2017b: Liste von Fachbegriffen im Festungsbau. Zugang: de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=176942782 [27.06.2018].
- anonymous, 2018a: Liste von Festungen. alphabetisch Listung nach Kontinent, Land und Name. Zugang: de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=177111212 [28.06.2018].
- anonymous, 2018b: Schutzgebiete in Natur- und Landschaftsschutz. Zugang: de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=177450563 [11.07.2018].
- Aronson J., Murcia C., Kattan G. H., Moreno-Mateos D., Dixon K. & Simberloff D., 2014: The road to confusion is paved with novel ecosystem labels. A reply to Hobbs et al. *Trends in ecology & evolution* **29** (12): 646–647. DOI: 10.1016/j.tree.2014.09.011.
- ATFORT, 2013: ATFORT - Atelier European Fortresses. Zugang: atfort.eu/ [22.01.2018].
- ATFORT, 2015a: Implementation Plan for Kaunas Fortress 6-th Fort Adaptation for Public Needs, 139 S. Zugang: atfort.eu/files/1427442929.pdf [02.07.2019].
- ATFORT, 2015b: Self Analysis Report Kaunas City Municipal Administration, 25 S. Zugang: atfort.eu/files/1427096780.pdf [02.07.2019].

- Audisio P., Brustel H., Carpaneto G. M., Coletti G., Mancini E., Piatella E., Trizzino M., Dutto M., Antonini G. & De Biase A., 2007: Updating the taxonomy and distribution of the European *Osmoderma*, and strategies for their conservation. *Fragmenta entomologica* **39** (2): 273–290. DOI: 10.4081/fe.2007.124.
- Baeck I., 2000: Feuchtgrünland. Hinweise zur Biotop- und Landschaftspflege. Reihe: *Hinweise zur Biotop- und Landschaftspflege*, 20 S. Zugang: dvl.org/uploads/tx_ttproducts/datasheet/DVL-Publikation-Praxisheft_Hinweise_zur_Biotop-_und_Landschaftspflege-Feuchtgruenland.pdf [20.08.2018].
- Ball Aerospace, 2018: Worldview 3. Zugang: ball.com/aerospace/programs/worldview-3 [03.07.2018].
- Ballanti L., Blesius L., Hines E. & Kruse B., 2016: Tree Species Classification Using Hyperspectral Imagery. A Comparison of Two Classifiers. *Remote Sensing* **8** (6): 445. DOI: 10.3390/rs8060445.
- Baltic Fort Route, 2008a: Baltic Fort Route. Zugang: balticfortroute.eu/ [22.01.2018].
- Baltic Fort Route, 2008b: The Kaunas Fortress - overview. Zugang: bfr.kostrzyn.pl/index.php?option=com_content&task=view&id=45&Itemid=39 [02.07.2019].
- Baltrūnas V., Karmaza B., Pukelytė V. & Karmazienė D., 2019: Pleistocene architecture and stratigraphy in the contact zone of ice streams and lobes in the south-eastern part of the Baltic Region. *Quaternary International* **501**: 21–32. DOI: 10.1016/j.quaint.2017.10.019.
- Baltrūnas V., Šliaupa S. & Karmaza B., 2005: Origin of the Great Nemunas Loops, South Lithuania. *Géographie physique et Quaternaire* **59** (1): 3–93. DOI: 10.7202/013733ar.
- Ban Y. (Hg.), 2016: Multitemporal Remote Sensing. Methods and Applications. Cham, Springer International Publishing, xii + 445 S. DOI: 10.1007/978-3-319-47037-5. Reihe: *Remote Sensing and Digital Image Processing (Band 20)*.
- Bannas L., Löffler J. & Riecken U., 2017: Die Umsetzung des länderübergreifenden Biotopverbunds. Rechtliche strategische planerische und programmatische Aspekte. Reihe: *BfN-Skripten (475)*, 110 S. DOI: 10.19217/skr475.

- Bastian O., Beierkuhnlein C., Klink H.-J., Löffler J., Steinhardt U., Volk M. & Wilmking M., 2002: Landscapes structures and processes. *In: Development and perspectives of landscape ecology* (Hg. O. Bastian, U. Steinhardt). Dordrecht, Kluwer Academic Publ: 49–112.
- Bastian O. & Steinhardt U. (Hg.), 2002: Development and perspectives of landscape ecology. Dordrecht, Kluwer Academic Publ, xxvii + 498 S.
- BayCEER, 2015: Ecoinformatics: Tools: Ecological Indicator Values for Europe (EIVE). Zugang: bayceer.uni-bayreuth.de/ecoinformatics/en/ausstattung/gru/html.php?id_obj=139261 [03.09.2018].
- Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), 2001: Fledermausquartiere an Gebäuden. Erkennen erhalten gestalten. Reihe: *UmweltThema*, 36 S. Zugang: fledermaus-bayern.de/content/fldmcd/schutz_und_pflege_von_fledermaeusen/fledermausquartiere-gebaeuden-lfu-broschuere.pdf [03.09.2019].
- Bechtold M., Schlaffer S., Tiemeyer B. & Lannoy G. de, 2018: Inferring Water Table Depth Dynamics from ENVISAT-ASAR C-Band Backscatter over a Range of Peatlands from Deeply-Drained to Natural Conditions. *Remote Sensing* **10** (4): 536. DOI: 10.3390/rs10040536.
- Becker R., 2006: Einflussfaktoren auf die Mobilisierbarkeit von PCB und PAK in Rieselfeld-Bodenproben. Dissertation. Technische Universität Berlin, 209 S. Zugang: depositonce.tu-berlin.de/bitstream/11303/1770/1/Dokument_30.pdf [07.06.2018].
- Beierkuhnlein C., 2003: Der Begriff Biodiversität. *Nova Acta Leopoldina* **87** (328): 51–71.
- Bender D. J., Contreras T. A. & Fahrig L., 1998: Habitat Loss And Population Decline. A Meta-Analysis Of Tthe Patch Size Effect. *Ecology* **79** (2): 517–533. DOI: 10.1890/0012-9658(1998)079[0517:HLAPDA]2.0.CO;2.
- Berg C., Welk E., Jäger E. J. & Schwabe-Kratochwil A., 2017: Revising Ellenberg's indicator values for continentality based on global vascular plant species distribution. *Applied Vegetation Science* **20** (3): 482–493. DOI: 10.1111/avsc.12306.

- Birks H. J. B. & Tinner W., 2016: Past forests of Europe. *In*: European atlas of forest tree species (Hg. J. San-Miguel-Ayanz, D. de Rigo, G. Caudullo, T. Houston Durrant, A. Mauri). Luxembourg, Publications Office of the European Union: 36–39.
- Biró E., Bouwma I. & Grobelnik V., 2006: Indicative map of the Pan-European ecological network in South-Eastern Europe. Technical background document. Tilburg, ECNC-European Centre for Nature Conservation, 56 S.
- Bleyhl B., Baumann M., Griffiths P., Heidelberg A., Manvelyan K., Radeloff V. C., Zazanashvili N. & Kuemmerle T., 2017: Assessing landscape connectivity for large mammals in the Caucasus using Landsat 8 seasonal image composites. *Remote sensing of environment* **193**: 193–203. DOI: 10.1016/j.rse.2017.03.001.
- Boer W. F. de, van de Koppel S., Knecht H. J. de & Dekker J. J. A., 2013: Hibernation site requirements of bats in man-made hibernacula in a spatial context. *Ecological applications* **23** (2): 502–514. DOI: 10.1890/1051-0761-23.2.502.
- Boesler D. & Bohnsack-Häfner G., 2005: Denkmalpflegerische Belange in der Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP), der Strategischen Umweltprüfung (SUP) und der Umweltprüfung (UP), 6 S. Zugang: dnk.de/uploads/media/243_2005_VdL_UVP.pdf [19.06.2017].
- Boessenkool B., 2018: berryFunctions: Function Collection Related to Plotting and Hydrology. R package version 1.17.0. Zugang: cran.r-project.org/package=berryFunctions [30.08.2018].
- Bohn U., Hettwer C. & Gollub G., 2005: Anwendung und Auswertung der Karte der natürlichen Vegetation Europas. Application and Analysis of the Map of the Natural Vegetation of Europe. Reihe: *BfN-Skripten (156)*, 454 S.
- Bohn U. & Neuhäusl R. (Hg.), 2004: Karte der natürlichen Vegetation Europas / Map of the Natural Vegetation of Europe. Maßstab/ Scale 1 : 2500 000. Münster, Landwirtschaftsverlag, 530 S.
- Bonnin M., Bruszk A., Delbaere B., Lethier H., Richard D., Rientjes S., van Uden G. & Terry A., 2007: The pan-European ecological network taking stock. Strasbourg, Council of Europe Publishing, 116 S. Reihe: *Nature and Environment (Band 146)*.

- Bouwma I. M., Jongman R. H. G. & Butovsky R. O. (Hg.), 2002: Indicative map of the Pan-European ecological network for central and eastern Europe. Technical background document. Tilburg, European Centre for Nature Conservation, 166 S.
- Brandes D. & Brandes E., 1995: The flora of Maltese walls, 25 S. Zugang: maltawildplants.com/PLNT/Docs/ARRSC/MalteseWalls.pdf [14.11.2019].
- Brickwedde F., Töpfer L. & Geißinger K. (Hg.), 2012: Denkmalpflege und Naturschutz. 19. Symposium der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) und der Freunde und Förderer des Zentrums für Umwelt und Kultur Benediktbeuern. Benediktbeuern. 22.09. - 23.09.2011. Osnabrück, Deutsche Bundesstiftung Umwelt, 76 S.
- Brodu N., 2017: Sen2Res. 1.0. Zugang: nicolas.brodu.net/recherche/sen2res/ [05.02.2019].
- Buck O., Hinterlang D., Mütterthies A. & Rühl J. (Hg.), 2014: Einsatz von Fernerkundungs-Daten im Rahmen von FFH-Monitoring-Diensten in Deutschland: get ready for SENTINEL ALL. Workshop. Bonn. 31.03. - 01.04.2014. Reihe: *BfN-Skripten (388)*. Bonn, Bundesamt für Naturschutz, 106 S.
- Bugter C., van der Vegt L., van Splunter G., van Lindenberg E., van Goor N., Blijdenstijn R., Smit M., de Jong H., Findhammer J., Bootsma J. & Bishop A., 2015: New Dutch Waterline & Defence Line of Amsterdam. Report International Expert Meeting on World Heritage Nominations, 49 S. Zugang: hollandsewaterlinie.nl/download/rapport-expertmeeting/ [14.09.2017].
- Bundesamt für Naturschutz (BfN), 2010: Vollzugshinweise zum Artenschutzrecht. vom ständigen Ausschuß "Arten- und Biotopschutz" überarbeitet (Stand 19.11.2010), 204 S. Zugang: bfm.de/fileadmin/MDB/documents/themen/cites/Vollzugshinweise.pdf [01.08.2017].
- Bundesamt für Naturschutz (BfN), 2012a: Gebietsschutz / Großschutzgebiete / Schutzgebiete. Zugang: bfm.de/themen/gebietsschutz-grossschutzgebiete.html [11.07.2018].
- Bundesamt für Naturschutz (BfN), 2012b: Landschaftsplanung. Grundlage nachhaltiger Landschaftsentwicklung, 56 S. Zugang: bfm.de/fileadmin/MDB/documents/service/Landschaftsplanung_2012.pdf [10.07.2018].

- Bundesamt für Naturschutz (BfN), 2012c: Nationalparke. Zugang: bfn.de/themen/gebietsschutz-grossschutzgebiete/nationalparke.html [12.07.2018].
- Bundesamt für Naturschutz (BfN), 2015: Artenschutz-Report 2015. Tiere und Pflanzen in Deutschland, 64 S. Zugang: bfn.de/fileadmin/BfN/presse/2015/Dokumente/Artenschutzreport_Download.pdf [06.11.2017].
- Bundesamt für Naturschutz (BfN), 2016: Zauneidechse (*Lacerta agilis*), 15 S. Zugang: bfn.de/fileadmin/BfN/natura2000/Dokumente/Rep_Laceagil.pdf [27.10.2017].
- Bundesamt für Naturschutz (BfN), 2018: Management durch Störungen / Dynamik. Zugang: bfn.de/themen/biotop-und-landschaftsschutz/biotopmanagement/management-durch-stoerungen-dynamik.html [16.08.2018].
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), 1997: Nachnutzung vormals militärisch genutzter Liegenschaften, 37 S. Zugang: bicc.de/uploads/tx_bicctools/bmu_ger.pdf [25.01.2018].
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2010: Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung UVPG. Bekanntmachung der Neufassung des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung. *Bundesgesetzblatt*, 2010 **Teil I** (Nr. 7): 94–128.
- Büren G. v. (Hg.), 2011: Festungsbaukunst in Europas Mitte. Festschrift zum 30-jährigen Bestehen der Deutschen Gesellschaft für Festungsforschung. 1. Auflage. Regensburg, Schnell & Steiner, 334 S. Reihe: *Festungsforschung (Band 3)*.
- Burger M., 2006: Die Bundesfestung Ulm. Deutschlands größtes Festungsensemble. 1. Auflage. Ulm, Förderkreis Bundesfestung Ulm e. V., 352 S.
- Burkart M., 2004: Molinio-Arrhenatheretea (E1) : Kulturgrasland und verwandte Vegetationstypen.: Teil 2: Molinietalia: Futter- und Streuwiesen feucht-nasser Standorte und Klassenübersicht Molinio-Arrhenatheretea. Göttingen, Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft e.V., 103 S. Reihe: *Synopsis der Pflanzengesellschaften Deutschlands (Band 9)*, 12 Bände.

- Calera A., Campos I., Osann A., D'Urso G. & Menenti M., 2017: Remote Sensing for Crop Water Management. From ET Modelling to Services for the End Users. *Sensors* **17** (5): 1104. DOI: 10.3390/s17051104.
- Cardillo M., Mace G. M., Gittleman J. L., Jones K. E., Bielby J. & Purvis A., 2008: The predictability of extinction. Biological and external correlates of decline in mammals. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **275** (1641): 1441–1448. DOI: 10.1098/rspb.2008.0179.
- Cardinale B. J., Duffy J. E., Gonzalez A., Hooper D. U., Perrings C., Venail P., Narwani A., Mace G. M., Tilman D. & Wardle D. A., et al., 2012: Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature* **486** (7401): 59–67. DOI: 10.1038/nature11148.
- Carranza-Rojas J., Joly A., Bonnet P., Goëau H. & Mata-Montero E., 2017: Automated Herbarium Specimen Identification using Deep Learning. *Proceedings of TDWG* **1**: e20302. DOI: 10.3897/tdwgproceedings.1.20302.
- CBD, 2002: COP 6 Decision VI/26. Zugang: cbd.int/decision/cop/default.shtml?id=7200 [10.07.2018].
- Central Europe, 2012: Interreg CENTRAL EUROPE - Home. Zugang: interreg-central.eu/Content.Node/home.html [23.01.2018].
- Centralny Ośrodek Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej, 2012: Dział Geoportal. Usługa przeglądania cieniowanej rzeźby terenu dla NMT o rozdzielczości 1m (dane z projektu ISOK). Profil kafelkowany (WMTS). Zugang: mapy.geoportal.gov.pl/wss/service/WMTS/guest/wmts/ISOK_CIEN? [10.02.2019].
- Chan K. M. A., Guerry A. D., Balvanera P., Klain S., Satterfield T., Basurto X., Bostrom A., Chuenpagdee R., Gould R. & Halpern B. S., et al., 2012: Where are Cultural and Social in Ecosystem Services? A Framework for Constructive Engagement. *BioScience* **62** (8): 744–756. DOI: 10.1525/bio.2012.62.8.7.
- Chisté M. N., Mody K., Gossner M. M., Simons N. K., Köhler G., Weisser W. W. & Blüthgen N., 2016: Losers, winners, and opportunists. How grassland land-use intensity affects orthopteran communities. *Ecosphere* **7** (11): e01545. DOI: 10.1002/ecs2.1545.

- Ciechanowski M., 2015: Habitat preferences of bats in anthropogenically altered, mosaic landscapes of northern Poland. *European Journal of Wildlife Research* **61** (3): 415–428. DOI: 10.1007/s10344-015-0911-y.
- Ciechanowski M. & Przesmycka A., 2003: Plan ochrony przyrody na terenie Parku Kulturowego Fortyfikacji Miejskich „Twierdza Gdańsk”, 25 S. (unv.).
- Conservation International, 2014: Hotspots. Targeted investment in nature’s most important places. Zugang: conservation.org/how/pages/hotspots.aspx [11.07.2018].
- Conway G. R. & Pretty J. N., 2013: Unwelcome Harvest. Agriculture and Pollution. London, Routledge, 676 S. DOI: 10.4324/9781315066844.
- Cooper N., Brady E., Steen H. & Bryce R., 2016: Aesthetic and spiritual values of ecosystems. Recognising the ontological and axiological plurality of cultural ecosystem ‘services’. *Ecosystem Services* **21**: 218–229. DOI: 10.1016/j.ecoser.2016.07.014.
- Copernicus Programme, 2019: CORINE Land Cover — Copernicus Land Monitoring Service. Zugang: land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover [22.07.2019].
- Costanza R., d'Arge R., Groot R. de, Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R. V. & Paruelo J., et al., 1997: The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* **387**: 253-260. DOI: 10.1038/387253a0.
- Costanza R., Groot R. de, Sutton P., van der Ploeg S., Anderson S. J., Kubiszewski I., Farber S. & Turner R. K., 2014: Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change* **26**: 152–158. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002.
- Council of Europe, 1996: Pan-European Biological and Landscape Diversity Strategy. Strasbourg, Council of Europe Press, 54 S. + 15 S. Annex. Reihe: *Nature and Environment* (Band 74).
- Council of Europe, 2011: Interpretation Manual Of The Emerald Habitats - Resolution 4 Version 2010. T-PVS/PA (2011) 8, 85 S.
- Cushnahan T. A., Yule I. J., Pullanagari R. & Grafton M. C. E., 2016: Identifying Grass Species Using Hyperspectral Sensing, 13 S. In: Integrated nutrient and water management for sustainable farming (Hg. L. D. Currie, R. Singh).

- Dahl F., 1908: Grundsätze und Grundbegriffe der biocönotischen Forschung. *Zoologische Anzeiger* **33**: 349–353.
- Daniel T. C., Muhar A., Arnberger A., Aznar O., Boyd J. W., Chan K. M. A., Costanza R., Elmqvist T., Flint C. G. & Gobster P. H., et al., 2012a: Contributions of cultural services to the ecosystem services agenda. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **109** (23): 8812–8819. DOI: 10.1073/pnas.1114773109.
- Daniel T. C., Muhar A., Aznar O., Boyd J. W., Chan K. M. A., Costanza R., Flint C. G., Gobster P. H., Gret-Regamey A. & Penker M., et al., 2012b: Reply to Kirchhoff. Cultural values and ecosystem services. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **109** (46): E3147. DOI: 10.1073/pnas.1213520109.
- Darlington P. J., Jr., 1957: Zoogeography. The Geographical Distribution of Animals. New York, John Wiley & Sons, Inc., xiii + 675 S.
- Das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union, 21.07.2001: Richtlinie 2001/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. Juni 2001 über die Prüfung der Umweltauswirkungen bestimmter Pläne und Programme. 2001/42/EG. *Amtsblatt der Europäischen Union*, 2001 **44** (L 197): 30–37.
- Das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union, 26.1.2010: Richtlinie 2009/147/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. November 2009 über die Erhaltung der wildlebenden Vogelarten. 2009/147/EG. *Amtsblatt der Europäischen Union*, 2010 **53** (L 20): 7–25.
- Das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union, 22.11.2011: Beschluss Nr. 1194/2011/EU des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 16. November 2011 zur Schaffung einer Maßnahme der Europäischen Union für das Europäische Kulturerbe-Siegel. 1194/2011/EU. *Amtsblatt der Europäischen Union*, 2011 **54** (L 303): 1–9.
- Das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union, 10.06.2013: Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen. 92/43/EWG. *Amtsblatt der Europäischen Union*, 2013 **56** (L 158): 193–230.

Das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union, 28.12.2013: Beschluss Nr. 1386/2013/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. November 2013 über ein allgemeines Umweltaktionsprogramm der Union für die Zeit bis 2020 „Gut leben innerhalb der Belastbarkeitsgrenzen unseres Planeten“. 1386/2013/EU. *Amtsblatt der Europäischen Union*, 2013 **56** (L 354): 171–200.

Das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union, 25.04.2014: Richtlinie 2014/52/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. April 2014 zur Änderung der Richtlinie 2011/92/EU über die Umweltverträglichkeitsprüfung bei bestimmten öffentlichen und privaten Projekten. 2014/52/EU. *Amtsblatt der Europäischen Union*, 2014 **57** (L 124): 1–18.

Das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union, 20.05.2017: Beschluss (EU) 2017/864 des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 17. Mai 2017 über ein Europäisches Jahr des Kulturerbes (2018). (EU) 2017/864. *Amtsblatt der Europäischen Union*, 2017 **60** (L 131): 1–8.

Das Sekretariat des Übereinkommens über die Biologische Vielfalt, 2007: Globale Strategie zur Erhaltung der Pflanzen. Übersetzung der englischen Originalfassung von April 2002, 18 S. Zugang: bgci.org/files/All/Key_Publications/gspc_deutsch_komprimiert.pdf [10.07.2018].

Demek J. (Hg.), 1987: Zeměpisný lexikon ČSR. Hory a nížiny. 1. vydání. Praha, Academia, 584 S.

Dennhöfer R., Müller N., Kirmer A. & Kirsten R., 2008: Historic city of Erfurt and Petersberg Citadel - Evaluation, conservation and design of biodiversity in urban areas, 27 S. In: Urban Biodiversity & Design. Implementing the Convention on Biological Diversity in towns and cities Third Conference of the Competence Network Urban Ecology (Hg. Bundesamt für Naturschutz (BfN)). Bonn, Bundesamt für Naturschutz: 11–27.

Der Rat der Europäischen Union, 14.03.1997: Richtlinie 97/11/EG des Rates vom 3. März 1997 zur Änderung der Richtlinie 85/337/EWG über die Umweltverträglichkeitsprüfung bei bestimmten öffentlichen und privaten Projekten. 97/11/EG. *Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften*, 1997 **40** (L 73): 5–15.

- Desgraupes B., 2016: clusterCrit: Clustering Indices. An R Package for Computing Clustering Quality Indices. 1.2.7. Zugang: cran.r-project.org/package=clusterCrit [18.02.2019].
- Deutsche Gesellschaft für Festungsforschung e.V. (DGF), 2015: Deutsche Gesellschaft für Festungsforschung. Zugang: festungsforschung.de/startseite/ [27.06.2018].
- Deutscher Bundestag, 1993: Gesetz zu dem Übereinkommen vom 5. Juni 1992 über die biologische Vielfalt. *Bundesgesetzblatt*, 1993 **Teil II** (Nr. 32): 1741–1772.
- Deutscher Bundestag (Hg.), 2007: Schlussbericht der Enquete-Kommission „Kultur in Deutschland“. Reihe: *Drucksache (Band 16/7000)*. Berlin, 512 S.
- Deutscher Bundestag (Hg.), 2010: Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Daniela Wagner, Bettina Herlitzius, Stephan Kühn, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN – Drucksache 17/854 –. Reihe: *Drucksache (Band 17/1057)*. Berlin, 28 S.
- Deutscher Bundestag (Hg.), 2017a: Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Steffi Lemke, Harald Ebner, Annalena Baerbock, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN – Drucksache 18/11877 – Stummer Frühling – Verlust von Vogelarten. Reihe: *Drucksache (Band 18/12195)*. Berlin, 12 S.
- Deutscher Bundestag (Hg.), 2017b: Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Steffi Lemke, Harald Ebner, Bärbel Höhn, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN – Drucksache 18/12859 – Insekten in Deutschland und Auswirkungen ihres Rückgangs. Reihe: *Drucksache (Band 18/13142)*. Berlin, 12 S.
- Dierschke H., 1994: Pflanzensoziologie. Grundlagen und Methoden. Stuttgart, Ulmer, 683 S. Reihe: *UTB für Wissenschaft*.
- Dierschke H., 1997: Molinio-Arrhenatheretea (E 1): Kulturgrasland und verwandte Vegetationstypen. Teil 1: Arrhenatheretalia: Wiesen und Weiden frischer Standorte. Göttingen, Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft e.V., 74 S. Reihe: *Synopsis der Pflanzengesellschaften Deutschlands (Band 3)*, 12 Bände.

- Dierschke H. & Briemle G., 2008: Kulturgrasland. Wiesen, Weiden und verwandte Staudenfluren. Neuausgabe. Stuttgart, Ulmer, 239 S. Reihe: *Ökosysteme Mitteleuropas aus geobotanischer Sicht*.
- Dietrich K., 2000: Streuobst. Reihe: *Hinweise zur Biotop- und Landschaftspflege*, 20 S. Zugang: dvl.org/uploads/tx_ttproducts/datasheet/DVL-Publikation-Praxisheft_Hinweise_zur_Biotop-_und_Landschaftspflege-Streuobst.pdf [20.08.2018].
- Dietz C., Helvesen O. v. & Nill D., 2007: Handbuch der Fledermäuse Europas und Nordwestafrikas. Biologie, Kennzeichen, Gefährdung. Stuttgart, Kosmos, 399 S. Reihe: *Kosmos-Naturführer*.
- Domdey C. (Hg.), 2015: Diercke-Weltatlas. 1. Auflage. Braunschweig, Westermann, 323 S.
- Donald P. F., Sanderson F. J., Burfield I. J., Bierman S. M., Gregory R. D. & Waliczky Z., 2007: International conservation policy delivers benefits for birds in Europe. *Science* **317** (5839): 810–813. DOI: 10.1126/science.1146002.
- Drexler D., 2009: Landschaft und Landschaftswahrnehmung. Untersuchung des kulturhistorischen Bedeutungswandels von Landschaft anhand eines Vergleichs von England, Frankreich, Deutschland und Ungarn. Dissertation. Technische Universität München, 257 S.
- Drobnik J., Finck P. & Riecken U., 2013: Die Bedeutung von Korridoren im Hinblick auf die Umsetzung des länderübergreifenden Biotopverbundes in Deutschland. Reihe: *BfN-Skripten (346)*, 73 S.
- Drobnik J. & Poschlod P., 2011: Literaturstudie zum „Management von (FFH-)Grünland hinsichtlich Beibehaltung/Erhöhung der typischen Artenvielfalt. Endbericht Dezember 2011, 85 S. Zugang: pd.lubw.de/90005 [14.11.2019].
- Dudek K., 2015: Railroads as anthropogenic dispersal corridors. Possible way of the colonization of Poland by a common wall lizard (*Podarcis muralis*, Lacertidae). *Ecological Questions* **20**: 71–73. DOI: 10.12775/EQ.2014.018.

- Dumbsky W., 1987: Die deutschen Festungen von 1871 bis 1914. Strategische Bedeutung und technische Entwicklung. Dissertation. Frankfurt am Main, Peter Lang, 180 S. Reihe: *Erlanger historische Studien (Band 11)*.
- DWD, 2018a: Effektive Klimaklassifikation - Glossar. Zugang: dwd.de/DE/service/lexikon/lexikon_node.html [16.02.2018].
- DWD, 2018b: Klimaregionen. Zugang: dwd.de/DE/service/lexikon/lexikon_node.html [17.02.2018].
- Ebeling A., Rzanny M., Lange M., Eisenhauer N., Hertzog L. R., Meyer S. T. & Weisser W. W., 2018: Plant diversity induces shifts in the functional structure and diversity across trophic levels. *Oikos* **127** (2): 208–219. DOI: 10.1111/oik.04210.
- Eberhardt J., 2002: Artenschutz contra Denkmalpflege? Das Beispiel Jülich als Lernprozess. *In: Erhalt und Nutzung historischer Zitadellen. Tagungsband. Internationale Fachtagung* (Hg. H.-R. Neumann). Mainz, von Zabern: 61–76.
- ECCOFORT e.V., 2015: Europäisches Festungstourismus und Festungsmarketing Netzwerk e.V. Zugang: forts-2-market.net/ [19.12.2019].
- ecologicalnetworks.eu, 2007: Pan-European Ecological Network. Fact sheet I - History of PEEN. Zugang: ecologicalnetworks.eu/documents/Promotional/Fact%20sheet%20I%20The%20History%20of%20PEEN.pdf [20.08.2018].
- EEA, 2013a: European bat population trends. A prototype biodiversity indicator. Reihe: *EEA Technical report (19/2013)*, 61 S. DOI: 10.2800/10311.
- EEA, 2013b: The European grassland butterfly indicator 1990-2011. Reihe: *EEA Technical report (11/2013)*, 34 S. DOI: 10.2800/89760.
- EEA, 2016: Biogeographical regions. Zugang: eea.europa.eu/ds_resolveuid/9b7911cc33ad4a9c940847a7ff653a40 [21.02.2018].
- EEA, 2017: N2K PLH080003 dataforms. Zugang: natura2000.eea.europa.eu/Natura2000/SDF.aspx?site=PLH080003 [21.06.2019].

EEA & Office for Official Publications of the European Communities, 2008: Impacts of Europe's changing climate - 2008 an indicator-based assessment. Chapter 5 Sections 1 - Introduction, 2 - Atmosphere and climate, 3 - Cryosphere. Reihe: *EEA Report (4/2008)*, 39 S. DOI: 10.2800/48117.

EEA & Publications Office of the European Union, 2011: Green infrastructure and territorial cohesion. The concept of green infrastructure and its integration into policies using monitoring systems. Reihe: *EEA Technical report (18/2011)*, 138 S. DOI: 10.2800/88266.

EEA & Publications Office of the European Union, 2015: State of nature in the EU. Results from reporting under the nature directives 2007-2012 + Annexes A–F to: State of nature in the EU Results from reporting under the nature directives 2007–2012. Reihe: *EEA Technical report (2/2015)*, 178 S. + 80 S. Annex. DOI: 10.2800/603862.

EFFORTS, 2017: Home | EFFORTS on WordPress.com. Zugang: effortseurope.wordpress.com/ [23.01.2018].

Ellenberg H., 1996: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. 170 Tabellen. 5., stark veränderte und verbesserte Auflage. Stuttgart, Ulmer, 1096 S. Reihe: *UTB für Wissenschaft*.

Ellenberg H., Weber H. E., Düll R., Wirth V. & Werner W., 2001: Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. 3. durchgesehene Auflage. Göttingen, Erich Goltze GmbH & Co KG, 262 S. Reihe: *Scripta geobotanica (Band 18)*, 21 Bände.

Ellmauer T. (Hg.), 2005: Entwicklung von Kriterien, Indikatoren und Schwellenwerten zur Beurteilung des Erhaltungszustandes der Natura 2000-Schutzgüter. Wien, Umweltbundesamt, 4 Bände.

Elsevier B.V., 1995: Scopus document search. Zugang: scopus.com/.

Encyclopædia Britannica, 2017a: Europe. Zugang: britannica.com/place/Europe/Land [19.12.2017].

Encyclopædia Britannica, 2017b: Geomorphology. physiography. Zugang: britannica.com/science/geomorphology [19.12.2017].

English Heritage, 1998: English Heritage Home Page | English Heritage. Zugang: english-heritage.org.uk/ [14.06.2018].

ESA, 2015: Proba-V Mission and Sensor Description. Zugang: earth.esa.int/web/sppa/mission-performance/esa-3rd-party-missions/proba-v [03.07.2018].

ESA, 2018a: Sentinel-2 - Missions - Resolution and Swath - Sentinel Handbook. Zugang: sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2/instrument-payload/resolution-and-swath [03.07.2018].

ESA, 2018b: SNAP - ESA Sentinel Application Platform. 6.0.0. Zugang: step.esa.int/main/download/ [05.02.2019].

Eschner D., Riesbeck F. & Brämer L., 1995: Sekundärsukzession auf äolisch überformten und zerstörten Böden der Colbitz-Letzlinger Heide. *In*: Tagungsberichte der Gesellschaft für Ökologie (Hg. Gesellschaft für Ökologie). Dresden, GfÖ: 57.

ESRI, 2014: ArcGIS for Desktop. 10.3.0.4322. Zugang: esri.com/ [05.02.2019].

EUMETSAT, 2017: Meteosat. Zugang: eumetsat.int/website/home/Satellites/CurrentSatellites/Meteosat/index.html [03.07.2018].

EUROBATS, 2002: Polish National Report Of The Implementation Of The Agreement On The Conservation Of The Ppopulations Of European Bats (EUROBATS) 2001, 18 S.

EUROBATS, 2015: Importance of bat conservation | UNEP/EUROBATS. Zugang: eurobats.org/about_eurobats/importance_of_bat_conservation [15.10.2019].

EUROBATS, 2016: Conservation of Key Underground sites: the database | UNEP/EUROBATS. Zugang: eurobats.org/activities/intersessional_working_groups/underground_sites [15.10.2019].

EUROBATS, 2018: EUROBATS.MoP8.Resolution 8.2. 8th Session of the Meeting of the Parties; Resolution 8.2. Amendment of the Annex to the Agreement, 2 S.

Europäische Kommission (Hg.), 1999: EUREK Europäisches Raumentwicklungskonzept. Auf dem Wege zu einer räumlich ausgewogenen und nachhaltigen Entwicklung der Europäischen Union. angenommen beim Informellen Rat der für Raumordnung

zuständigen Minister in Potsdam Mai 1999. Luxemburg, Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften, 93 S.

Europäische Kommission, 2007: Leitfaden zum strengen Schutzsystem für Tierarten von gemeinschaftlichem Interesse im Rahmen der FFH-Richtlinie 92/43/EWG. Endgültige Fassung, Februar 2007, 96 S. Zugang: op.europa.eu/s/oKV4 [28.06.2018].

Europäische Kommission, 2008: Fahrplan für die maritime Raumordnung: Ausarbeitung gemeinsamer Grundsätze in der EU. Reihe: *Mitteilung der Kommission (KOM(2008) 791 endgültig)*, 14 S. Zugang: eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52008DC0791 [10.07.2018].

Europäische Kommission, 2011: Lebensversicherung und Naturkapital: Eine Biodiversitätsstrategie der EU für das Jahr 2020. Reihe: *Mitteilung der Kommission (KOM(2011) 244 endgültig)*, 20 S. Zugang: eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011DC0244 [10.07.2018].

Europäische Kommission, 2013: Grüne Infrastruktur (GI) — Aufwertung des europäischen Naturkapitals. Reihe: *Mitteilung der Kommission (COM(2013) 249 final)*, 13 S. Zugang: eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:52013DC0249 [09.07.2018].

Europäische Kommission, 2017: Verordnung (EU) Nr. 2017/160 der Kommission vom 20. Januar 2017 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 338/97 des Rates über den Schutz von Exemplaren wildlebender Tier- und Pflanzenarten durch Überwachung des Handels. (EU) 2017/160. *Amtsblatt der Europäischen Union*, 2017 **60** (L27): 1–98.

Europäische Kommission & European Space Agency (ESA), 2018: Copernicus Open Access Hub. Zugang: scihub.copernicus.eu/dhus/ [03.01.2019].

Europäische Union, 2012: Vertrag von Lissabon zur Änderung des Vertrags über die Europäische Union und des Vertrags zur Gründung der Europäischen Gemeinschaft. Vertrag von Lissabon. *Amtsblatt der Europäischen Union*, 2012 **55** (C 326): 1–390.

Europäischer Gerichtshof, 10.01.2006: Vertragsverletzung eines Mitgliedstaats - Richtlinie 92/43/EWG - Erhaltung der natürlichen Lebensräume - Wild lebende Tiere und Pflanzen - Prüfung der Verträglichkeit bestimmter Projekte mit dem Schutzgebiet - Artenschutz.

Rechtssache C-98/03, 32 S. ECLI: EU:C:2006:3. Zugang: eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=CELEX:62003CJ0098 [14.12.2019].

Europäisches Parlament, 2001: Entschließung des Europäischen Parlaments zur Umsetzung des Übereinkommens zum Schutz des Kultur- und Naturerbes der Welt in den Staaten der Europäischen Union (2000/2036(INI)) vom 16.01.2001. A5-0382/2000. *Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften*, 2001 **44** (C 262): 48–52.

Europäisches Parlament, 2006: Entschließung des Europäischen Parlaments zum Schutz des natürlichen, architektonischen und kulturellen Erbes Europas in ländlichen Gebieten und Inselregionen (2006/2050(INI)) vom 07.09.2006. P6_TA(2006)0355. *Amtsblatt der Europäischen Union*, 2006 **49** (C 305E): 254–258.

Europarat, 3.10.1985: Übereinkommen zum Schutz des architektonischen Erbes Europas. *Sammlung Europäischer Verträge* **Nr. 121**.

Europarat, 20.10.2000: Europäisches Landschaftsübereinkommen. *Sammlung Europäischer Verträge* **Nr. 176**.

EUROPARC Deutschland, 2010: Richtlinien für die Anwendung der IUCN-Managementkategorien für Schutzgebiete. Berlin, Deutschland, 88 S. Deutsche Übersetzung von: Dudley, N. (Editor), 2008: Guidelines for Applying Protected Area Management Categories. Gland, Schweiz: IUCN. x + 86 S.

European Commission, 2000: INTERREG III B - Baltic Sea Region. PL-EE-LV-LT-DE-DK-FI-SE-Third countries. Zugang: ec.europa.eu/regional_policy/en/atlas/programmes/2000-2006/european/interreg-iii-b-baltic-sea-region-pl-ee-lv-lt-de-dk-fi-se-third-countries [23.01.2018].

European Commission, 2009: Towards a Green Infrastructure for Europe. Developing new concepts for integrating of NATURA2000 network into a broader countryside, 211 S. Zugang: ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/green_infrastructure_integration.pdf [21.08.2018].

European Commission, 2011: Territorial Agenda of the European Union 2020. Towards an Inclusive, Smart and Sustainable Europe of Diverse Regions, 11 S. Zugang: ec.europa.eu/

[regional_policy/sources/policy/what/territorial-cohesion/territorial_agenda_2020.pdf](#)
[10.07.2018].

European Commission, 2012: The Multifunctionality of Green Infrastructure. in-depth report. Reihe: *Science for Environment Policy*, 40 S. Zugang: [ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/Green_Infrastructure.pdf](#) [21.08.2018].

European Commission, 2013a: Interpretation Manual of European Union Habitats - EUR 28, 146 S. Zugang: [ec.europa.eu/environment/nature/legislation/habitatsdirective/docs/Int_Manual_EU28.pdf](#) [28.06.2017].

European Commission, 2013b: Technical information on Green Infrastructure (GI). Accompanying the document Green Infrastructure (GI) — Enhancing Europe’s Natural Capital COM(2013) 249 final. Reihe: *Commission Staff Working Document (SWD (2013) 155 final)*, 24 S. Zugang: [eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52013SC0155](#) [21.08.2018].

European Commission, 2016: Green Infrastructure - Environment - European Commission. Zugang: [ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/strategy/index_en.htm](#) [21.08.2018].

European Commission, 2017: Linking Natura 2000 and cultural heritage. Case Studies, 96 S. Zugang: [op.europa.eu/s/oKWc](#) [09.12.2018].

European Commission, 2018: Natura 2000 data and maps. Zugang: [eea.europa.eu/data-and-maps/data/natura-9](#) [15.02.2019].

European Commission, 2019a: EU guidance on integrating ecosystems and their services into decision-making. Reihe: *Commission Staff Working Document (SWD(2019) 305 final PART 1/3)*, 67 S. Zugang: [ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/pdf/SWD_2019_305_F1_STAFF_WORKING_PAPER_EN_V2_P1_1042629.PDF](#) [11.11.2019].

European Commission, 2019b: EU guidance on integrating ecosystems and their services into decision-making. Reihe: *Commission Staff Working Document (SWD(2019) 305 final PART 3/3)*, 64 S. Zugang: [ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/pdf/SWD_2019_305_F1_STAFF_WORKING_PAPER_EN_V2_P3_1042629.PDF](#) [11.11.2019].

European Commission, 2019c: EU guidance on integrating ecosystems and their services into decision-making. Reihe: *Commission Staff Working Document (SWD(2019) 305 final PART 2/3)*, 46 S. Zugang: ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/pdf/SWD_2019_305_F1_STAFF_WORKING_PAPER_EN_V2_P2_1042629.PDF [11.11.2019].

European Commission, 2019d: Guidance on a strategic framework for further supporting the deployment of EU-level green and blue infrastructure. Reihe: *Commission Staff Working Document (SWD(2019) 193 final)*, 102 S. Zugang: ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/pdf/SWD_2019_193_F1_STAFF_WORKING_PAPER_EN_V4_P1_1024680.PDF [11.11.2019].

Evans D., 2005: Some Uses of the Map of the Natural Vegetation of Europe for Natura 2000. *In: Anwendung und Auswertung der Karte der natürlichen Vegetation Europas. Application and Analysis of the Map of the Natural Vegetation of Europe* (Hg. U. Bohn, C. Hettwer, G. Gollub): 195–204.

FAO, 2001: Global Ecological Zoning For The Global Forest Resource Assessment 2000. Zugang: fao.org/docrep/006/ad652e/ad652e00.htm [23.02.2018].

FAO, 2012: Global ecological Zones for FAO forest reporting: 2010 update. Reihe: *Forest Resources Assessment Working Paper (179)*, 52 S. Zugang: fao.org/3/a-ap861e.pdf [23.02.2018].

Farley J., 2012: Ecosystem services. The economics debate. *Ecosystem Services* **1** (1): 40–49. DOI: 10.1016/j.ecoser.2012.07.002.

Fenneman N. M., 1917: Physiographic Subdivision of the United States. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **3** (1): 17–22.

Finck P., Heinze S., Raths U., Riecken U. & Ssymank A., 2017: Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen Deutschlands. dritte fortgeschriebene Fassung 2017. Bonn - Bad Godesberg, Münster, Bundesamt für Naturschutz; Landwirtschaftsverlag Münster, 637 S. Reihe: *Naturschutz und Biologische Vielfalt (Band 156)*.

Fischer H., 2002: Ökologie contra Denkmalpflege? Ausprägungen eines Konflikts am Beispiel der Mainzer Zitadelle. *In: Erhalt und Nutzung historischer Zitadellen*.

- Tagungsband. Internationale Fachtagung (Hg. H.-R. Neumann). Mainz, von Zabern: 214–229.
- Fish R., Church A. & Winter M., 2016: Conceptualising cultural ecosystem services. A novel framework for research and critical engagement. *Ecosystem Services* **21**: 208–217. DOI: 10.1016/j.ecoser.2016.09.002.
- Forte Cultura, 2015: Homepage. Zugang: forte-cultura.eu/de/ [22.01.2018].
- Frey W. & Lösch R., 2010: Geobotanik. Pflanze und Vegetation in Raum und Zeit. 3. Auflage. Heidelberg, Spektrum Akademischer Verlag, xvi + 616 S. DOI: 10.1007/978-3-8274-2336-8.
- Frick W. F., Puechmaille S. J. & Willis C. K.R., 2016: White-Nose Syndrome in Bats. *In*: Bats in the Anthropocene. Conservation of Bats in a Changing World (Hg. C. C. Voigt, T. Kingston). Cham, Springer International Publishing: 245–262.
- Friedrich S. & Neumüller J., 2006: Zivile Umnutzung militärischer Standorte Brandenburgs Initiative für ein Konversionsnetzwerk im Ostseeraum. *Zeitschrift für angewandte Geographie* **30** (2): 68–71. DOI: 10.1007/s00548-006-0306-0.
- Fundacja EkoRozwoju, 2008: NATURA 2000 standardowy formularz danych. PLB020002, 13 S. Zugang: obszary.natura2000.pl/imgturysta/files/obszary/PLB020002/PLB020002.pdf [03.08.2019].
- Fundacja EkoRozwoju, 2009: NATURA 2000 standardowy formularz danych. PLH020017, 14 S. Zugang: obszary.natura2000.pl/imgturysta/files/obszary/PLH020017/PLH020017.pdf [03.08.2019].
- Furey N. M. & Racey P. A., 2016: Conservation Ecology of Cave Bats. *In*: Bats in the Anthropocene. Conservation of Bats in a Changing World (Hg. C. C. Voigt, T. Kingston). Cham, Springer International Publishing: 463–500.
- Furmankiewicz J., Hebda G., Furmankiewicz M., Kłodek R., Jabłoński J., Jabłońska J., Mielcarek K. & Duma K., 2008: Bats of the “Niedźwiedzia cave” nature reserve in the Śnieżnik Massif (Eastern Sudetes). *Przyroda Sudetów* (suplement 3): 27–44.

- Gariglio D. & Minola M., 2001: Le fortezze delle Alpi Occidentali. 4. edizione. Cuneo, L'arciere, 284 S.
- Gellert J. F. (Hg.), 1965: Die Weichsel-Eiszeit im Gebiet der Deutschen Demokratischen Republik. Berlin, Akademie-Verlag, 265 S. Reihe: *Entwicklung und Abbau der letzten skandinavischen Vereisung Europas (Band III)*, 3 Bände.
- Gerlitz L., Steirou E., Schneider C., Moron V., Vorogushyn S. & Merz B., 2018: Variability of the Cold Season Climate in Central Asia. Part I. Weather Types and Their Tropical and Extratropical Drivers. *Journal of Climate* **31** (18): 7185–7207. DOI: 10.1175/JCLI-D-17-0715.1.
- GermanSL, 2017: GermanSL. Taxonomische Referenzliste für Botanische Funddatenbanken in Deutschland. Zugang: germansl.infinitemature.org/ [09.10.2018].
- Gieraths G., 1961: Breslau. als Garnison und Festung 1241-1941. Hamburg, Helmut Gerhard Schulz, 150 S.
- Gilpin M. E., 1980: The role of stepping-stone islands. *Theoretical Population Biology* **17** (2): 247–253. DOI: 10.1016/0040-5809(80)90009-X.
- GIS-centras, 2007: geoportal.lt. Zugang: geoportal.lt/geoportal/en/web/en [27.02.2019].
- Głowaciński Z., 2002: Vertebrata Kręgowce. In: Czerwona Lista Zwierząt Ginących i Zagrożonych w Polsce. Red List of threatened animals in Poland (Hg. Z. Głowaciński). Kraków, Institute of Nature Conservation, Polish Academy of Sciences: 13–22.
- Głowaciński Z. & Nowacki J., 2004: Introduction - Polish Red Data Book of Animals - Invertebrates. Zugang: iop.krakow.pl/pckz/ [06.08.2019].
- Główny Urząd Geodezji i Kartografii, 2015: Geoportal.gov.pl. Zugang: geoportal.gov.pl/ [20.04.2019].
- Goëau H., Joly A., Bonnet P., Bakic V., Barthélémy D., Boujemaa N. & Molino J.-F., 2013: The imageCLEF plant identification task 2013. In: Proceedings of the 2nd ACM international workshop on Multimedia analysis for ecological data - MAED '13 (Hg. C. Spampinato, V. Mezaris, J. van Ossenbruggen). New York, ACM Press: 23–28.

- Google LLC, 1998: Google. Zugang: [google.com/](https://www.google.com/) [03.03.2019].
- Google LLC, 2004: Google Scholar. Zugang: scholar.google.com/ [03.03.2019].
- Greßler S., 1995: Biotopverbund für Amphibien: Trittsteinbiotope, die neue Naturschutzstrategie. *Stapfia* **51**: 235–250.
- Griffiths P., Jakimow B. & Hostert P., 2018: Reconstructing long term annual deforestation dynamics in Pará and Mato Grosso using the Landsat archive. *Remote sensing of environment* **216**: 497–513. DOI: 10.1016/j.rse.2018.07.010.
- Griffiths P., Kuemmerle T., Baumann M., Radeloff V. C., Abrudan I. V., Lieskovsky J., Munteanu C., Ostapowicz K. & Hostert P., 2014: Forest disturbances, forest recovery, and changes in forest types across the Carpathian ecoregion from 1985 to 2010 based on Landsat image composites. *Remote sensing of environment* **151**: 72–88. DOI: 10.1016/j.rse.2013.04.022.
- Guarino R., Domina G. & Pignatti S., 2012: Ellenberg's Indicator values for the Flora of Italy – first update. Pteridophyta, Gymnospermae and Monocotyledoneae. *Flora Mediterranea* **22**: 197–209. DOI: 10.7320/FIMedit22.197.
- Guobyte R., 2016: Lietuvos geomorfologinės sritys ir rajonai. Zugang: vle.lt/Straipsnis/Lietuvos-geomorfologines-sritys-ir-rajonai-117784 [08.07.2019].
- Guobyte R. & Satkūnas J., 2015: Pleistocene Glaciations in Lithuania. *Developments in Quaternary Sciences* (15): 231–246. DOI: 10.1016/B978-0-444-53447-7.00019-2.
- Haase F., 2007: Zitadelle Spandau - Naturschutz versus Denkmalschutz. Master-Arbeit. Humboldt-Universität zu Berlin, 62 S. (unv.).
- Habel J. C., Segerer A., Ulrich W., Torchyk O., Weisser W. W. & Schmitt T., 2016: Butterfly community shifts over two centuries. *Conservation biology* **30** (4): 754–762. DOI: 10.1111/cobi.12656.
- Hackelsberger C., 1986: Die k.k. Franzensfeste. Ein Monumentalwerk der Befestigungskunst des 19. Jahrhunderts. München, Deutscher Kunstverlag, 81 S.

- Haeupler H., 2002: Die Biotope Deutschlands. *Schriftenreihe für Vegetationskunde* (38): 247–272.
- Haines-Young R. & Potschin M., 2018: Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1. Guidance on the Application of the Revised Structure, 53 S.
Zugang: cices.eu/content/uploads/sites/8/2018/01/Guidance-V51-01012018.pdf
[05.08.2018].
- Halfmann J., 2000: Biotopkartierung und Vegetationsgliederung. *In: Arbeitsmethoden in Physiogeographie und Geoökologie* (Hg. H. Barsch, K. Billwitz, H.-R. Bork). Gotha, Klett-Perthes: 253–287.
- Hällström O. a., Hällström M. a., Mäntyranta H., Hällström E. a. & Pollesello P., 2004: Look at Suomenlinna-Sveaborg. The island fortress off Helsinki. 2nd, renewed edition. Helsinki, Estate of Olof af Hällström, 55 S.
- Handke K., Otte A. & Donath T., 2011: Alternierend spät gemähte Altgrasstreifen fördern die Wirbellosenfauna in Auenwiesen. *Naturschutz und Landschaftsplanung* **43** (9): 280–288.
- Härdtle W., 2004: Bodensaure Eichen- und Eichenmischwälder Europas. Acidophytic oak and mixed oak forests of Europe. *Tuexenia* **24**: 57–72.
- Harris L. D., 1989: The Faunal Significance of Fragmentation of Southeastern Bottomland Forests. *In: Proceedings of the symposium: The forested wetlands of the Southern United States* (Hg. D. D. Hook, R. Lea). Asheville, USDA Forest service: 126–135.
- Hartigan J. A. & Wong M. A., 1979: Algorithm AS 136. A K-Means Clustering Algorithm. *Applied Statistics* **28** (1): 100. DOI: 10.2307/2346830.
- Hartong H., 2014: FFH-, Naturschutz- und Landschaftsschutzgebiet „Fort Hahneberg“ Berlin Spandau. Tierökologische Untersuchungen zur Brutvogel- und Reptilienfauna. *In: Pflege- und Entwicklungsplan (PEP) NSG Fort Hahneberg / LSG Hahneberg und Umgebung. Endbericht: 137–156.* (unv.).
- Hattermann H., 2007: Fort Hahneberg. Naturschutz vs. Denkmalschutz. Master-Arbeit. Humboldt-Universität zu Berlin, 63 S. (unv.).

- Haug H., 2000: Allgemeines zur Schriftenreihe. Reihe: *Hinweise zur Biotop- und Landschaftspflege. Praxishefte*, 13 S. Zugang: dvl.org/uploads/tx_ttproducts/datasheet/DVL-Publikation-Praxisheft_Hinweise_zur_Biotop-_und_Landschaftspflege-Allgemeines_zur_Schriftenreihe.pdf [20.08.2018].
- Házi J., Bartha S., Szentes S., Wichmann B. & Penksza K., 2011: Seminatural grassland management by mowing of *Calamagrostis epigejos* in Hungary. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology* **145** (3): 699–707. DOI: 10.1080/11263504.2011.601339.
- Heller K., 2006: Strategische Umweltprüfung und Landschaftsplanung. Regelungüberlegungen und praktische Umsetzung. *Naturschutz und Landschaftsplanung* **38** (6): 199–200.
- Herking C., 2004: Pollenanalytische Untersuchungen zur holozänen Vegetationsgeschichte in Nordwestpolen. Dissertation. Georg-August-Universität zu Göttingen, 127 S.
- Herrera L. P., Sabatino M. C., Jaimes F. R. & Saura S., 2017: Landscape connectivity and the role of small habitat patches as stepping stones. An assessment of the grassland biome in South America. *Biodiversity and Conservation* **26** (14): 3465–3479. DOI: 10.1007/s10531-017-1416-7.
- Hettwer C., 1999: Schatthangwälder und Felsspalten-Gesellschaften auf Jura-Gestein im Alfelder Bergland (Süd-Niedersachsen). *Tuexenia* **19**: 153–171.
- Heuner M., Bahls A., Bauer E.-M., Faude U., Kinkeldey C., Kleinschmit B., Schmidtlein S., Schiewe J. & Schröder U., 2013: Querschnittsaufgabe Fernerkundung. Synoptische Betrachtung fernerkundungs-gestützter Vegetationserfassung - ihre Genauigkeit, Unsicherheiten und Grenzen. *Kliwas Schriftenreihe* (15/2013): 1–36. DOI: 10.5675/Kliwas_15.2013_Fernerkundung_4.
- Hill M. O., 1979: TWINSpan - a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. New York, Cornell University, 90 S.

- Hill M. O., Mountford J. O., Roy D. B. & Bunce R. G. H., 1999: Ellenberg's indicator values for British plants. ECOFACT Volume 2 Technical Annex. Huntington, Institute of Terrestrial Ecology, 46 S. Reihe: *Ecofact (Band 2)*, 3 + 1 Bände.
- Hilsberg R., 2011: Rechtsfragen zur Verkehrssicherung in historischen Park- und Gartenanlagen unter Berücksichtigung des Denkmalschutzes und des Naturschutzes. Gutachten erstellt im Rahmen des DBU-Projektes „Naturschutz und Denkmalpflege in historischen Parkanlagen" an der TU Berlin, 74 S. Zugang: naturschutz-und-denkmalpflege.projekte.tu-berlin.de/media/pdf/Hilsberg_Rechtsgutachten_Endv_Nov2011.pdf [12.10.2017].
- Ho T. K., 1995: Random Decision Forest (*Band 1*), 531 S. In: Proceedings of the Third International Conference on Document Analysis and Recognition. August 14 - 16 1995 Montréal Canada (Hg. M. E. Kavanagh): 278–282.
- Hobbs R. J., Arico S., Aronson J., Baron J. S., Bridgewater P., Cramer V. A., Epstein P. R., Ewel J. J., Klink C. A. & Lugo A. E., et al., 2006: Novel ecosystems. Theoretical and management aspects of the new ecological world order. *Global Ecol Biogeography* **15** (1): 1–7. DOI: 10.1111/j.1466-822x.2006.00212.x.
- Hobbs R. J., Higgs E. & Harris J. A., 2009: Novel ecosystems. Implications for conservation and restoration. *Trends in ecology & evolution* **24** (11): 599–605. DOI: 10.1016/j.tree.2009.05.012.
- Hobbs R. J., Higgs E. S. & Hall C. (Hg.), 2013: Novel ecosystems. Intervening in the new ecological world order. First edition. Chichester, John Wiley & Sons, Ltd, xi + 368 S. DOI: 10.1002/9781118354186.
- Hobbs R. J., Higgs E. S. & Harris J. A., 2014: Novel ecosystems. Concept or inconvenient reality? A response to Murcia et al. *Trends in ecology & evolution* **29** (12): 645–646. DOI: 10.1016/j.tree.2014.09.006.
- Hoffmann M., Hilton-Taylor C., Angulo A., Böhm M., Brooks T. M., Butchart S. H. M., Carpenter K. E., Chanson J., Collen B. & Cox N. A., et al., 2010: The impact of conservation on the status of the world's vertebrates. *Science* **330** (6010): 1503–1509. DOI: 10.1126/science.1194442.

- Hølleland H., Skrede J. & Holmgaard S. B., 2017: Cultural Heritage and Ecosystem Services. A Literature Review. *Conservation and Management of Archaeological Sites* **19** (3): 210–237. DOI: 10.1080/13505033.2017.1342069.
- Hönes E.-R., 2015: 80 Jahre Reichsnaturschutzgesetz. *Natur und Recht* **37** (10): 661–669. DOI: 10.1007/s10357-015-2905-7.
- Huck I., 2004: Untersuchung und Bewertung des Einflusses der Baumvegetation auf die Gebäude des Fort Gorgast, Land Brandenburg. Bachelorarbeit. Humboldt-Universität zu Berlin, 49 S. (unv.).
- Humbert J.-Y., Ghazoul J., Richner N. & Walter T., 2010a: Hay harvesting causes high orthopteran mortality. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **139** (4): 522–527. DOI: 10.1016/j.agee.2010.09.012.
- Humbert J.-Y., Ghazoul J., Richner N. & Walter T., 2012: Uncut grass refuges mitigate the impact of mechanical meadow harvesting on orthopterans. *Biological Conservation* **152**: 96–101. DOI: 10.1016/j.biocon.2012.03.015.
- Humbert J.-Y., Ghazoul J., Sauter G. J. & Walter T., 2010b: Impact of different meadow mowing techniques on field invertebrates. *Journal of Applied Entomology* **42**: 592–599. DOI: 10.1111/j.1439-0418.2009.01503.x.
- Humboldt Universität zu Berlin, 1996: Universitätsbibliothek der HU Berlin - Universitätsbibliothek der Humboldt-Universität zu Berlin. Zugang: ub.hu-berlin.de/de [03.03.2019].
- Hüttmeir U., Bürger K., Wegleitner S. & Reiter G., 2010: Ergänzende Erhebungen und Einschätzung des Erhaltungszustandes der Fledermäuse in Wien, 110 S. Zugang: wien.gv.at/kontakte/ma22/studien/pdf/fledermaeuse-wien.pdf [15.11.2019].
- Interfest e.V., 2017: interfest.de - Startseite. Studienkreis für internationales Festungs-, Militär- und Schutzbauwesen INTERFEST e.V. Zugang: interfest.de/ [27.06.2018].
- Isenburg M., 2017: LAStools - Efficient LiDAR Processing Software. version 171011, open license. Zugang: rapidlasso.com/LAStools [03.02.2019].

- Ißbrücker G. & Lachmann M., 2006: Natur & Bauwerk Fort Nr. 5 Kaunas. Vegetationsökologische Bestandsaufnahme, 100 S. (unv.).
- Ißbrücker G. & Riesbeck F., 2007: Ergebnisberichte zu den Vegetationsuntersuchungen auf der Zitadelle Spandau und dem Fort Hahneberg. Vergabe-ABM 18554/05 „Biotop- und Gewässererkundung Spandau“, 57 S. (unv.).
- IUCN, 2010: European Red List. Zugang: ec.europa.eu/environment/nature/conservation/species/redlist/index_en.htm [19.07.2019].
- IUCN, 2019: The IUCN Red List of Threatened Species. Zugang: iucnredlist.org/ [18.07.2019].
- Jäger E. J. & Werner K., 1995: Gefäßpflanzen. Atlasband. Exkursionsflora von Deutschland / begr. von Werner Rothmaler. 9. , durchgesehene und verbesserte Auflage. Jena, Gustav Fischer Verlag, 753 S. Reihe: *Exkursionsflora von Deutschland / begr. von Werner Rothmaler (Band 3)*, 4 Bände.
- Jansen F. & Dengler J., 2009: GermanSL— Eine universelle taxonomische Referenzliste für Vegetationsdatenbanken in Deutschland. *Tuexenia* (28): 239–253. Zugang: tuexenia.de/wp-content/uploads/2017/08/Tuexenia-28.zip [08.10.2018].
- Joachim H.-F., 2000: Waldrand. Reihe: *Hinweise zur Biotop- und Landschaftspflege. Praxishefte*, 8 S. Zugang: dvl.org/uploads/tx_ttproducts/datasheet/DVL-Publikation-Praxisheft_Hinweise_zur_Biotop-_und_Landschaftspflege-Waldrand.pdf [20.08.2018].
- Joachim H.-F. & Schrödl G., 2000: Flurgehölze. Reihe: *Hinweise zur Biotop- und Landschaftspflege. Praxishefte*, 20 S. Zugang: lpv.de/uploads/tx_ttproducts/datasheet/brb_heft_flurgehoelze.pdf [20.08.2018].
- Johansen L., Westin A., Wehn S., Iuga A., Ivascu C. M., Kallioniemi E. & Lennartsson T., 2019: Traditional semi-natural grassland management with heterogeneous mowing times enhances flower resources for pollinators in agricultural landscapes. *Global Ecology and Conservation* **18**: e00619. DOI: 10.1016/j.gecco.2019.e00619.

- Joly A., Bonnet P., Goëau H., Barbe J., Selmi S., Champ J., Dufour-Kowalski S., Affouard A., Carré J. & Molino J.-F., et al., 2016: A look inside the Pl@ntNet experience. *Multimedia Systems* **22** (6): 751–766. DOI: 10.1007/s00530-015-0462-9.
- Jongman R. H. B., Bouwma I. M. & van Doorn A., 2006: The indicative map of the Pan-European Ecological Network in Western Europe. Technical background Report. Reihe: *Alterra-rapport (1429)*, 104 S. Zugang: content.alterra.wur.nl/Webdocs/PDFFiles/Alterraraapporten/AlterraRapport1429.pdf [20.08.2018].
- Jongman R. H. G., Bouwma I. M., Griffioen A., Jones-Walters L. & van Doorn A. M., 2011: The Pan European Ecological Network. PEEN. *Landscape Ecology* **26** (3): 311–326. DOI: 10.1007/s10980-010-9567-x.
- Jordan K., 2003: Bibliographie zur Geschichte des Festungsbaues von den Anfängen bis 1914. Festungsbau(kunst), Angriff und Verteidigung von Festungen [...]. 1. Auflage. Marburg, Deutsche Gesellschaft für Festungsforschung, 432 S.
- Jordan K., 2011: Die historische Bepflanzung der Festungswerke. *In: Kultur und Natur - ein Widerspruch? Historische Festungen: Denkmalpflege, Natur- und Landschaftsschutz* (Hg. I. Westerhoff). Köln, Rheinischer Verein für Denkmalpflege und Landschaftsschutz: 27–58.
- Jordan K., 2013: Die historische Bepflanzung der Festungswerke. *fortifikation* (27): 57–81.
- Jost L., 2007: Partitioning Diversity Into Independent Alpha And Beta Components. *Ecology* **88** (10): 2427–2439. DOI: 10.1890/06-1736.1.
- Käppeler B., Toben S., Chmura G., Walkowicz S., Nolte N., Schmidt P., Lamp C. & Mohn C., 2012: Developing a Pilot Maritime Spatial Plan for the Pomeranian Bight and Arkona Basin. BaltSeaPlan Report 9, 140 S. Zugang: partiseapate.eu/wp-content/uploads/2013/04/BaltSeaPlan-Developing-a-Pilot-Maritime-Spatial-Plan-for-the-Pomeranian-Bight-and-Arkona-Basin.pdf [10.07.2018].
- Kathke T., 2009: Landschaft als Auflösung ihrer selbst - Die Besiedlung des amerikanischen Westens. *In: Vieldeutige Natur. Landschaft, Wildnis und Ökosystem als kulturgeschichtliche Phänomene* (Hg. T. Kirchhoff, L. Trepl). Bielefeld, Transcript Verlag: 279–291.

- Katzung G. (Hg.), 2004: Geologie von Mecklenburg-Vorpommern. 1. Auflage. Stuttgart, Schweizerbart, xi + 580 S.
- Katzur J., 1996: Erfahrungen und Probleme bei der Rekultivierung der Neulandböden und Gestaltung der Bergbaufolgelandschaften im Lausitzer Braunkohlenrevier - Überblicksbeitrag. *In: Workshop Rekultivierung 1991/92* (Hg. Lausitzer Braunkohle Aktiengesellschaft (LAUBAG)): 4–9.
- Katzur J., 1997: Bergbaufolgelandschaften in der Lausitz - Naturraumpotentiale und Naturressourcen im Braunkohlenrevier. *Naturschutz und Landschaftsplanung* **29** (4): 114–121.
- Kaufmann J. E. & Kaufmann H. W., 2014: The forts and fortifications of Europe 1815-1945. The neutral states. Barnsley, Pen & Sword Military, xxii + 234 S.
- Kaunas - Fort IX Museum, 2017: Kauno IX forto muziejus. offizielle Webseite des Museums en/lt. Zugang: 9fortomuziejus.lt/?lang=en [19.09.2017].
- Kaunas City Municipality Council, 2015: Strategic Development Plan of Kaunas City Municipality Up to 2022, 48 S. Zugang: en.kaunas.lt/wp-content/uploads/sites/10/2015/11/STRATEGIC-DEVELOPMENT-PLAN-OF-KAUNAS-CITY-MUNICIPALITY-UP-TO-2022.pdf [02.07.2019].
- Kavaliauskas P., 2011: Kraštovaizdžio samprata ir planavimas. mokomoji kniga, 214 S. + 27 S. Annex. Zugang: gkk.gf.vu.lt/old/Data/Methodines%20priemones/Krast_SMPR_PLNV.pdf [08.07.2019].
- Kaźmierczakowa R., Bloch-Orłowska J., Celka Z., Cwener A., Dajdok Z., Michalska-Hejduk D., Pawlikowski P., Szczęśniak E. & Ziarnik K., 2016: Polska czerwona lista paprotników i roślin kwiatowych. Polish red list of pteridophytes and flowering plants. Kraków, Polska Akademia Nauk, 49 S.
- Kettunen M., Terry A., Tucker G. & Jones A., 2007: Guidance on the maintenance of landscape features of major importance for wild flora and fauna - Guidance on the implementation of Article 3 of the Birds Directive (79/409/EEC) and Article 10 of the Habitats Directive (92/43/EEC), 115 S. + 42 S. Annex. Zugang: ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/adaptation_fragmentation_guidelines.pdf [19.12.2019].

- Kirchhoff J., 2008: Wechselwirkungen zwischen Natur- und Denkmalschutz bei Festungsbauwerken des 17.-19. Jahrhunderts. Diplomarbeit. Humboldt Universität zu Berlin, 160 S. (unv.).
- Kirchhoff T., 2012: Pivotal cultural values of nature cannot be integrated into the ecosystem services framework. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **109** (46): E3146; author reply E3147. DOI: 10.1073/pnas.1212409109.
- Kirchhoff T., 2014: Energiewende und Landschaftsästhetik. *Naturschutz und Landschaftsplanung* **46** (1): 10–16.
- Kirchhoff T. & Trepl L., 2009: Landschaft, Wildnis, Ökosystem: zur kulturbedingten Vieldeutigkeit ästhetischer, moralischer und theoretischer Naturauffassungen. Einleitender Überblick. In: *Vieldeutige Natur. Landschaft, Wildnis und Ökosystem als kulturgeschichtliche Phänomene* (Hg. T. Kirchhoff, L. Trepl). Bielefeld, Transcript Verlag: 13–68.
- Kirchhoff T. & Vicenzotti V., 2014: A Historical and Systematic Survey of European Perceptions of Wilderness. *Environmental Values* **23** (4): 443–464. DOI: 10.3197/096327114X13947900181590.
- Klapp E. & Opitz von Boberfeld W., 2011: Gräserbestimmungsschlüssel für die häufigsten Grünland- und Rasengräser. 6., durchgesehene und aktualisierte Auflage. Stuttgart, Ulmer, 85 S.
- Kloepfer M., 2012: Denkmalschutz und Umweltschutz. Rechtliche Verschränkungen und Konflikte zwischen dem raumgebundenen Kulturgüterschutz und dem Umwelt- und Planungsrecht. Berlin, Duncker & Humblot, 277 S. Reihe: *Schriften zum Umweltrecht (Band 172)*.
- Koch E., 2012: Städtebauliche Instrumente bei der Konversion von Militärarealen. Zugl.: Münster (Westfalen), Univ., Diss., 2012. 1. Edition. Berlin, Lexxion, xxvi + 359 S. Reihe: *Beiträge zum Raumplanungsrecht (Band 244)*.
- Koleff P., Gaston K. J. & Lennon J. J., 2003: Measuring beta diversity for presence-absence data. *Journal of Animal Ecology* **72** (3): 367–382. DOI: 10.1046/j.1365-2656.2003.00710.x.

- Kondracki J., 1965: W sprawie fizycznogeograficznego podziału Europy w klasyfikacji dziesiętnej. *Przegląd Geograficzny* **XXXVII** (3): 539–547.
- Kondracki J., 2002: Geografia regionalna Polski. 3. komplette Auflage. Warschau, Wydawnictwo Naukowe PWN, 440 S.
- Köstler H., Grabowski G., Moeck M., Saure C. & Kielhorn K.-H., 2005: Erläuterungen zu den Beschreibungen der Biotoptypen auf der Grundlage der Liste der Biotoptypen Brandenburgs (Stand 2004) und der Erläuterungstexte (Stand 1994) von Dr. Frank Zimmermann (Landesumweltamt Brandenburg), 143 S. Zugang: berlin.de/senuvk/naturgruen/naturschutz/biotopschutz/download/biotopkartierung/biotoptypen.pdf [18.05.2018].
- Kottek M., Grieser J., Beck C., Rudolf B. & Rubel F., 2006: World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift* **15** (3): 259–263. DOI: 10.1127/0941-2948/2006/0130.
- Kowarik I., 2011: Novel urban ecosystems, biodiversity, and conservation. *Environmental pollution* **159** (8-9): 1974–1983. DOI: 10.1016/j.envpol.2011.02.022.
- Kraemer R., Prishchepov A. V., Müller D., Kuemmerle T., Radeloff V. C., Dara A., Terekhov A. & Frühauf M., 2015: Long-term agricultural land-cover change and potential for cropland expansion in the former Virgin Lands area of Kazakhstan. *Environmental Research Letters* **10** (5): 54012. DOI: 10.1088/1748-9326/10/5/054012.
- Krapp F. & Niethammer J. (Hg.), 2011: Die Fledermäuse Europas. Ein umfassendes Handbuch zur Biologie, Verbreitung und Bestimmung. 1. Auflage. Wiebelsheim, AULA-Verlag, 1202 S.
- Kunz W., 2017: Artenschutz durch Habitatmanagement. Der Mythos von der unberührten Natur. Weinheim, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, xxi + 292 S.
- Kupryjanowicz M., Nalepka D., Pidek I. A., Walanus A., Balwierz Z., Bińka K., Fiłoc M., Granoszewski W., Kołaczek P. & Majecka A., et al., 2018: The east-west migration of trees during the Eemian Interglacial registered on isopollen maps of Poland. *Quaternary International* **467**: 178–191. DOI: 10.1016/j.quaint.2017.08.034.

- Kyheröinen E. M., Aulagnier S., Dekker J., Dubourg-Savage M. J., Ferrer B., Gazaryan S., Georgiakakis P., Hamidovic D., Harbusch C., Haysom K., Jahelková H., Kervyn T., Koch M., Lundy M., Marnell F., Mitchell-Jones A., Pir J., Russo D., Schofield H., Syvertsen P. O. & Tsoar A., 2019: Guidance on the conservation and management of critical feeding areas and commuting routes for bats. Reihe: *EUROBATS publication series (9)*, 109 S. Zugang: eurobats.org/sites/default/files/documents/publications/publication_series/WEB_DIN_A4_EUROBATS_09_ENGL_NVK_01042019.pdf [20.12.2019].
- La Notte A., D'Amato D., Mäkinen H., Paracchini M. L., Liqueste C., Egoh B., Geneletti D. & Crossman N. D., 2017: Ecosystem services classification. A systems ecology perspective of the cascade framework. *Ecological indicators* **74**: 392–402. DOI: 10.1016/j.ecolind.2016.11.030.
- Lambrecht H. & Trautner J., 2007: Fachinformationssystem und Fachkonventionen zur Bestimmung der Erheblichkeit im Rahmen der FFH-VP – Endbericht zum Teil Fachkonventionen, Schlussstand Juni 2007. – FuE-Vorhaben im Rahmen des Umweltforschungsplanes des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit im Auf-trag des Bundesamtes für Naturschutz - FKZ 804 82 004, 239 S.
- Lanaras C., Bioucas-Dias J., Galliani S., Baltsavias E. & Schindler K., 2018: Super-Resolution of Sentinel-2 Images. Learning a Globally Applicable Deep Neural Network. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* (146): 305–319. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2018.09.018.
- Landeck I., Kirmer A., Hildmann C. & Schlenstedt J. (Hg.), 2017: Arten und Lebensräume der Bergbaufolgelandschaften. Chancen der Braunkohlesanierung für den Naturschutz im Osten Deutschlands. 1. Auflage. Aachen, Shaker Verlag, 560 S.
- Landesamt für Umwelt, 2014a: Lebensraumtyp 6210 - Naturnahe Kalk-Trockenrasen und deren Verbuschungsstadien (Festuco-Brometalia). *Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg* **23** (3, 4): 68–71.
- Landesamt für Umwelt, 2014b: Lebensraumtyp 6240 - Subpannonische Steppen-Trockenrasen. *Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg* **23** (3, 4): 76–81.

- Landesdenkmalamt Berlin, 1991: Fort Hahneberg. Zugang: stadtentwicklung.berlin.de/denkmal/liste_karte_datenbank/de/denkmaldatenbank/daobj.php?obj_dok_nr=09085593 [05.04.2019].
- Landesumweltamt Brandenburg (LUA BRB) (Hg.), 2007: Biotopkartierung in Brandenburg. Beschreibung der Biotoptypen. 3. Auflage. Golm, Brandenburgische Universitätsdruckerei und Verlagsgesellschaft Potsdam mbH, 512 S. Reihe: *Biotopkartierung in Brandenburg (Band 2)*, 2 Bände.
- Laufer H., 2014: Praxisorientierte Umsetzung des strengen Artenschutzes am Beispiel von Zaun- und Mauereidechsen. *Naturschutz und Landschaftspflege Baden-Württemberg* (77): 93–142.
- Läufer T., 2005: Verfassung der Europäischen Union. Verfassungsvertrag vom 29. Oktober 2004. Protokolle und Erklärungen zum Vertragswerk. Reihe: *Schriftenreihe / Bundeszentrale für Politische Bildung* (474), 475 S.
- Law B., Park K. J. & Lacki M. J., 2016: Insectivorous Bats and Silviculture: Balancing Timber Production and Bat Conservation. In: *Bats in the Anthropocene. Conservation of Bats in a Changing World* (Hg. C. C. Voigt, T. Kingston). Cham, Springer International Publishing: 105–150.
- Lietuvos Geologijos Tarnyba (LGT), 2019: homepage. main page. Zugang: lgt.lt/index.php?lang=en [17.07.2019].
- Lietuvos ornitologų draugija & UAB TVS Projektai, 2018: Žemėlapis2 - Natura 2000. Zugang: natura2000info.lt/lt/zemelapis-2.html [17.07.2019].
- Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija, 2019: Lietuvos raudonoji knyga. Zugang: raudonojiknyga.lt/knyga/64-2019-m-naujos-raudonosios-knygos-saugomu-rusiu-sarasas [18.07.2019].
- Lindenmayer D. B., Fischer J., Felton A., Crane M., Michael D., Macgregor C., Montague-Drake R., Manning A. & Hobbs R. J., 2008: Novel ecosystems resulting from landscape transformation create dilemmas for modern conservation practice. *Conservation Letters* 1 (3): 129–135. DOI: 10.1111/j.1755-263X.2008.00021.x.

- Ljungqvist F. C., Krusic P. J., Brattström G. & Sundqvist H. S., 2012: Northern Hemisphere temperature patterns in the last 12 centuries. *Climate of the Past* **8** (1): 227–249. DOI: 10.5194/cp-8-227-2012.
- Losse M., 2008: Festungen in Deutschland. 1. Auflage. Petersberg, Michael Imhof Verlag, 160 S.
- Lunetta R. S., Knight J. F., Ediriwickrema J., Lyon J. G. & Worthy L. D., 2006: Land-cover change detection using multi-temporal MODIS NDVI data. *Remote sensing of environment* **105** (2): 142–154. DOI: 10.1016/j.rse.2006.06.018.
- Mader H.-J., 1984: Animal habitat isolation by roads and agricultural fields. *Biological Conservation* **29** (1): 81–96. DOI: 10.1016/0006-3207(84)90015-6.
- Mainzer U., 2011: Zum Spannungsfeld zwischen Denkmalschutz, Landschaftschutz und Naturschutz. In: Kultur und Natur - ein Widerspruch? Historische Festungen: Denkmalpflege, Natur- und Landschaftsschutz (Hg. I. Westerhoff). Köln, Rheinischer Verein für Denkmalpflege und Landschaftsschutz: 7–14.
- Mammen U. & Stubbe M., 2004: Monitoring zur Bestandsentwicklung der Greifvögel und Eulen in Sachsen-Anhalt. *Berichte des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt* (4/2004): 58–64.
- Marazzi S., 2004: Die orographischen Einteilungen der Alpen und die „IVOEÄ“ (Internationale vereinheitlichte orographische Einteilung der Alpen). Ein konkreter Vorschlag für die Standardisierung. In: Die Gebirgsgruppen der Alpen. Ansichten Systematiken und Methoden zur Einteilung der Alpen (Hg. P. Grimm, C. R. Mattmüller). München, Deutscher Alpenverein: 69–96.
- Marnell F. & Presetnik P., 2010: Schutz oberirdischer Quartiere für Fledermäuse (insbesondere in Gebäuden unter Denkmalschutz). Reihe: *EUROBATS publication series* (4), 59 S. Zugang: eurobats.org/sites/default/files/documents/publications/publication_series/EUROBATS_PublSer_No4_German_3rd_edition.pdf [22.12.2019].
- Marris E., Mascaro J. & Ellis E. C., 2013: Perspective: Is Everything a Novel Ecosystem? If So, Do We Need the Concept? In: Novel ecosystems. Intervening in the new ecological

- world order (Hg. R. J. Hobbs, E. S. Higgs, C. Hall). Chichester, John Wiley & Sons, Ltd: 345–349.
- Matuszkiewicz W. & Matuszkiewicz A., 1985: Zur Syntaxonomie der Eichen-Hainbuchenwälder in Polen. *Tuexenia* **5**: 473–489. urn:nbn:de:hebis:30:3-377668.
- Maurizi E., Campanaro A., Chiari S., Maura M., Mosconi F., Sabatelli S., Zauli A., Audisio P. & Carpaneto G. M., 2017: Guidelines for the monitoring of *Osmoderma eremita* and closely related species. *Nature Conservation* **20** (3): 79–128. DOI: 10.3897/natureconservation.20.12658.
- Mazur E., Lukniš M., Balatka B., Loučková J. & Sládek J., 1986: Geomorfologické členenie SSR a ČSSR. Mapa mierky 1:500 000. Bratislava, Slovenská kartografia SUGK, 2 Karten.
- Meador J. P., 1996: Environmental Contaminants in Wildlife. Interpreting Tissue Concentrations. Boca Raton, CRC Press, 512 S.
- Meindl C., Brune V., Listl D., Poschlod P. & Reisch C., 2016: Survival and postglacial immigration of the steppe plant *Scorzonera purpurea* to Central Europe. *Plant Systematics and Evolution* **302** (8): 971–984. DOI: 10.1007/s00606-016-1311-9.
- Meneghelli F., 2012: Verona. un territorio fortificato. Crocetta del Montello, Terra Ferma, 196 S.
- Meusel E. & Jäger E. J. (Hg.), 1992: Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora. Jena, Gustav Fischer Verlag, ix + 333 S. (*Band III*), III Bände.
- Meynen H., 2000: Die preußische Festung Köln. 1. Auflage. Neuss, Neusser Druckerei und Verlag GmbH, 23 S. Reihe: *Rheinische Kunststätten (Band 452)*.
- Michelangeli P.-A., Vautard R. & Legras B., 1995: Weather Regimes. Recurrence and Quasi Stationarity. *Journal of the Atmospheric Sciences* **52** (8): 1237–1256. DOI: 10.1175/1520-0469(1995)052<1237:WRRAS>2.0.CO;2.
- Microsoft & Weston S., 2018: doParallel: Foreach Parallel Adaptor for the 'parallel' Package. R package version 1.0.14. Zugang: cran.r-project.org/package=doParallel [20.02.2019].

- Millenium Ecosystem Assessment (MEA), 2005a: Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. Washington D.C., World Resources Institute, vi + 86 S.
- Millenium Ecosystem Assessment (MEA), 2005b: Ecosystems and human well-being: Synthesis. Washington D.C., Island Press, x + 138 S. Reihe: *The Millennium Ecosystem Assessment series*.
- Ministério da Cultura, 2017: Cidadela de Cascais. Zugang: monumentos.gov.pt/Site/APP_PagesUser/SIPA.aspx?id=6052 [14.06.2018].
- Mitchell-Jones A. J., Bihari Z., Masing M. & Rodrigues L., 2017: Schutz und Management unterirdischer Lebensstätten für Fledermäuse. Reihe: *EUROBATS publication series (2)*, 40 S.
- MNV, 2007: homepage. Zugang: mnv.hu/ [14.06.2018].
- Möller C. & Schoelles F., 2010: UNESCO-Welterbekonventionen und Umweltprüfungen. Zusammenhänge und Folgerungen für die Umsetzung in Deutschland. *UVP-Report 23* (1+2): 3–12.
- Morse N. B., Pellissier P. A., Cianciola E. N., Brereton R. L., Sullivan M. M., Shonka N. K., Wheeler T. B. & McDowell W. H., 2014: Novel ecosystems in the Anthropocene. A revision of the novel ecosystem concept for pragmatic applications. *Ecology and Society* **19** (2). DOI: 10.5751/ES-06192-190212.
- Müller E., 2009: Innenwelt der Umweltpolitik – Zu Geburt und Aufstieg eines Politikbereichs. In: Umweltgeschichte und Umweltzukunft (Hg. P. Masius, O. Sparenberg, J. Sprenger). Göttingen, Göttingen University Press: 69–86.
- Müller T., Oberdorfer E. & Seibert P., 1992: Wälder und Gebüsche (*Band IV, Textband*), 282 S. In: Süddeutsche Pflanzengesellschaften (Hg. E. Oberdorfer). Jena, Gustav Fischer Verlag. IV Bände.
- Município de Peniche, 2015: Peniche Fortress. Zugang: cm-peniche.pt/museufortaleza [14.06.2018].

- Murcia C., Aronson J., Kattan G. H., Moreno-Mateos D., Dixon K. & Simberloff D., 2014: A critique of the 'novel ecosystem' concept. *Trends in ecology & evolution* **29** (10): 548–553. DOI: 10.1016/j.tree.2014.07.006.
- Murphy D. D., 1988: Challenges to Biological Diversity in Urban Areas. *In*: Biodiversity (Hg. National Academy of Sciences). Washington D.C., National Academies Press: 71–76.
- Museum Kostrzyn, 2015: Forts und Unterstände - Museum der Festung Küstrin. Zugang: muzeum.kostrzyn.pl/de/stadt-festung/forts-und-unterstaende [20.04.2019].
- National Geographic Society, 2017: Europe: Physical Geography. Zugang: nationalgeographic.org/encyclopedia/europe-physical-geography/ [19.12.2017].
- Naveh Z. & Liebermann A. S., 1984: Landscape Ecology - Theory and Applications. 1st edition. New York, Springer-Verlag, 153 S.
- Neumann H., 1994: Festungsbaukunst und Festungsbautechnik. Deutsche Wehrbauarchitektur vom XV. bis XX. Jahrhundert. mit einer Bibliographie deutschsprachiger Publikationen und Festungsnutzung 1945 - 1987. 2. Auflage, Sonderausgabe. Bonn, Bernard & Graefe, 440 S.
- Neumann H.-R. (Hg.), 2002: Erhalt und Nutzung historischer Zitadellen. Tagungsband. Internationale Fachtagung. Berlin. 06.06. - 09.06.2011. Mainz, von Zabern, xxxiii + 365 S.
- Neumann H.-R. (Hg.), 2005: Erhalt und Nutzung historischer Großfestungen. Tagungsband. Internationale Fachtagung. Magdeburg. 08.06. - 11.06.2005. Mainz, von Zabern, lxxxviii + 538 S.
- Oberdorfer E. (Hg.), 1992: Süddeutsche Pflanzengesellschaften. 2., stark bearbeitete Auflage. Jena, Gustav Fischer Verlag (*Band IV (Textband + Tabellenband)*), IV Bände.
- Oberdorfer E., 2001: Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Deutschland und angrenzende Gebiete. 8., stark überarbeitete und ergänzte Auflage. Stuttgart (Hohenheim), Ulmer, 1051 S.
- Odendahl K., 2005: Kulturgüterschutz. Entwicklung, Struktur und Dogmatik eines ebenenübergreifenden Normensystems. Zugl.: Trier, Univ., Habil.-Schr., 2004. Tübingen, Mohr Siebeck, xlvii + 724 S. Reihe: *Jus publicum (Band 140)*.

- Odum H. T., 1962: Ecological tools and their use. Man and the ecosystem. *In*: Proceedings of the Lockwood conference on the suburban forest and ecology (Hg. P. E. Waggoner, J. D. Ovington). The Connecticut Agricultural Experiment Station: 57–75.
- Orlov V., Vitkauskienė J. & Kalinin V. (Hg.), 2009: The atlas of Kaunas Fortress. Kaunas, Arx Baltica, 68 S.
- Osterkamp W. R., 2008: Annotated Definitions of Selected Geomorphic Terms and Related Terms of Hydrology, Sedimentology, Soil Science and Ecology. Open File Report 2008-1217. Reston, USGS, 49 S.
- Ostrom E., 2009: A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science* **325** (5939): 419–422. DOI: 10.1126/science.1172133.
- Pardela Ł. & Kolouszek S., 2017: Twierdza Wrocław 1890-1918. Wrocław, Via Nova, 176 S.
- Park Narodowy „Ujście Warty”, 2002: Oficjalna strona Parku Narodowego "Ujście Warty". Zugang: pnujsciewarty.gov.pl/ [28.04.2019].
- Passarge H., 1990: Ortsnahe Ahorn-Gehölze und Ahorn-Parkwaldgesellschaften. *Tuexenia* **10**: 369–384.
- Pauza D. H. & Pauziene N., 1998: Bats of Lithuania. Distribution, status and protection. *Mammal Review* **28** (2): 53–68. DOI: 10.1046/j.1365-2907.1998.00025.x.
- Pellegrini E., Ambrosini M., Meneghelli F., Zugliani D. & Province of Verona - Planning and TIS Dep., 2014: Feasability Study for the valorisation of the fortified systems in the Verona area, 101 S. Zugang: forte-cultura-project.eu/doc_pdf/wp4/4-2-1-STUDY_FOR_THE_VALORIZATION_VERONA_AREA_ENG.pdf [14.09.2017].
- Petermann R., 2011: Fledermausschutz in Europa II. Beschlüsse der 5. und 6. EUROBATS-Vertragsstaatenkonferenzen und Berichte zum Fledermausschutz in Deutschland 2003-2009. Reihe: *BfN-Skripten* (296), 418 S.
- Peters J. & Holzhausen M., 2000: Gebäude- und Siedlungsbegrünung. Reihe: *Hinweise zur Biotop- und Landschaftspflege*, 24 S. Zugang: dvl.org/uploads/tx_ttproducts/datasheet/DVL-Publikation-Praxisheft_Hinweise_zur_Biotop-_und_Landschaftspflege-Gebaeude_und_Siedlungsbegrueung.pdf [20.08.2018].

- Peters J. & Schneegans J., 2000: Wege Mauern Zäune. Reihe: *Hinweise zur Biotop- und Landschaftspflege*, 20 S. Zugang: dvl.org/uploads/tx_ttproducts/datasheet/DVL-Publikation-Praxisheft_Hinweise_zur_Biotop-_und_Landschaftspflege-Wege_Mauern_Zaeune.pdf [20.08.2018].
- Pick R., Beyer S., Drewello R., Förster D., Laber A., Rauh M., Schmiedinger A. & Weißmann R., 2002: Denkmalpflege & Ökologie. Instandhaltung von ökologisch bedeutsamem Mauerwerk am Beispiel der Wallmauern der Festung Rosenberg in Kronach. Reihe: *Denkmalpflege Information (A 87)*, 28 S.
- Pimm S. L., Jenkins C. N., Abell R., Brooks T. M., Gittleman J. L., Joppa L. N., Raven P. H., Roberts C. M. & Sexton J. O., 2014: The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection. *Science* **344** (6187): 1246752. DOI: 10.1126/science.1246752.
- Poppek M., 2012: Diversität und Verbreitung von Schluchtwäldern (Tilio-Acerion) im Rheinischen Schiefergebirge. Dissertation. Universität Koblenz-Landau, 229 S. Zugang: kola.opus.hbz-nrw.de/opus45-kola/frontdoor/deliver/index/docId/690/file/Dissertation.pdf [15.05.2019].
- Poschlod P., 2017: Geschichte der Kulturlandschaft. Entstehungsursachen und Steuerungsfaktoren der Entwicklung der Kulturlandschaft, Lebensraum- und Artenvielfalt in Mitteleuropa. 2., aktualisierte Auflage. Stuttgart, Ulmer, 320 S.
- Potočnik A. J., 2014: Deficit Analysis of Traditional Knowledge, Needs and Consequences for the Organisation of the Future Transnational Co-operation, 20 S. In: Handbook of typical historic technologies of fortress constructions. Saving of European cultural heritage fortified monuments in Central Europe: result of transnational cooperation in the project Forte Cultura to capitalise fortified cultural heritage for sustainable development and competitiveness of cities and regions (Hg. A. Jankovič Potočnik, M. Župančič, A. Marn). Ljubljana, Zavod za varstvo kulturne dediščine Slovenije: 18–38.
- Pott R., 1992: Die Pflanzengesellschaften Deutschlands. 2., überarbeitete und stark erweiterte Auflage. Stuttgart, Ulmer, 622 S. Reihe: *UTB für Wissenschaft*.
- Potyrała J. & Pardela Ł., 2006: Fort Sorbinowo, 36 S. (unv.).

- Putkunz - Landschaftsplanung, 2014: Pflege- und Entwicklungsplan (PEP) NSG Fort Hahneberg / LSG Hahneberg und Umgebung. Endbericht, 157 S. + 8 Karten. (unv.).
- QGIS Entwicklungsteam, 2017: QGIS Geographisches Informationssystem. Open Source Geospatial Foundation Projekt. 2.18.12. Zugang: qgis.org/ [10.02.2019].
- R Core Team, 2017: R: A Language and Environment for Statistical Computing. 3.3.3. Wien. Zugang: r-project.org/ [12.12.2018].
- Ratcliffe D. A., 1967: Decrease in Eggshell Weight in Certain Birds of Prey. *Nature* **215** (5097): 208–210. DOI: 10.1038/215208a0.
- Raudsepp-Hearne C., Peterson G. D., Tengö M., Bennett E. M., Holland T., Benessaiah K., MacDonald G. K. & Pfeifer L., 2010: Untangling the Environmentalist's Paradox. Why Is Human Well-being Increasing as Ecosystem Services Degrade? *BioScience* **60** (8): 576–589. DOI: 10.1525/bio.2010.60.8.4.
- Razgour O., Whitby D., Dahlberg E., Barlow K., Hanmer J., Haysom K., McFarlane H., Wicks L., Williams C. & Jones G., 2013: Conserving Grey Long-Eared Bats (*Plecotus austriacus*) in our Landscape: a Conservation Management Plan, 36 S. Zugang: eprints.soton.ac.uk/id/eprint/394389 [15.11.2019].
- Reiter G. & Zahn A., 2006: Leitfaden zur Sanierung von Fledermausquartieren im Alpenraum, 149 S. Zugang: alpine-space.org/2000-2006/uploads/media/LSN_Bats_Sanitation_Manual_DE.pdf [19.11.2019].
- Repton H., 1803: Observations on the theory and practice of landscape gardening:.. including some remarks on Grecian and Gothic architecture , collected from various manuscripts, in the possession of the different noblemen and gentlemen, for whose use they were originally written; the whole tending to establish fixed principles in the respective arts. London, T. Bensley and Son, 222 S.
- Riecken U., Finck P., Klein M. & Schröder E., 1998: Überlegungen zu alternativen Konzepten des Naturschutzes für den Erhalt und die Entwicklung von Offenlandbiotopen. *Natur und Landschaft* **73** (6): 261–270.

- Riesbeck F., 2001: Militärspezifische Bodenbelastungen - Möglichkeiten und Grenzen der Sanierung und Nutzung militärisch beanspruchter Landschaften. *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft* **96** (2): 763–764.
- Riesbeck F. & Ißbrücker G., 2007: Investigation on nature and monument of Kaliningrad Fortress No. 5. -BFR Report-, 23 S. (unv.).
- Riesbeck F., Ißbrücker G. & Haase F., 2007: Nature and Monument. Zitadelle Spandau. Report 1, 31 S. (unv.).
- Riesbeck F. & Junghans V., 2014: Guideline for nature protection in fortress systems, 40 S. Zugang: central2013.eu/fileadmin/user_upload/Downloads/outputlib/Forte_Cultura_Guideline_for_nature_protection_in_fortress_systems.pdf [14.09.2017].
- Ripple W. J., Wolf C., Newsome T. M., Galetti M., Alamgir M., Crist E., Mahmoud M. I. & Laurance W. F., 2017: World Scientists' Warning to Humanity. A Second Notice. *BioScience* **67** (12): 1026–1028. DOI: 10.1093/biosci/bix125.
- Rogers A. M., Chown S. L. & Richardson D., 2014: Novel ecosystems support substantial avian assemblages. The case of invasive alien Acacia thickets. *Diversity and Distributions* **20** (1): 34–45. DOI: 10.1111/ddi.12123.
- Rolf R., 2000: Die Entwicklung des deutschen Festungssystems seit 1870. vollständige und bearbeitete Ausgabe des Manuskriptes. Tweede Exloermond, Fortress Books, 304 S.
- Rolf R., 2004: A Dictionary on Modern Fortification. An illustrated lexicon on European Fortification in the period 1800-1945. 1st edition. Middelburg, PRAK Publishing, 464 S.
- Roller C. D., Qian J.-H., Agel L., Barlow M. & Moron V., 2016: Winter Weather Regimes in the Northeast United States. *Journal of Climate* **29** (8): 2963–2980. DOI: 10.1175/JCLI-D-15-0274.1.
- Roscher C., Beßler H., Oelmann Y., Engels C., Wilcke W. & Schulze E.-D., 2009: Resources, recruitment limitation and invader species identity determine pattern of spontaneous invasion in experimental grasslands. *Journal of Ecology* **97** (1): 32–47. DOI: 10.1111/j.1365-2745.2008.01451.x.

- Roscher C., Gerighausen U., Schmid B. & Schulze E.-D., 2015: Plant diversity and community history shift colonization success from early- to mid-successional species. *Journal of Plant Ecology* **8** (3): 231–241. DOI: 10.1093/jpe/rtu011.
- Rosenau S., 2001: Untersuchungen zur Quartiersnutzung und Habitatnutzung der Breitflügelfledermaus *Eptesicus serotinus* (SCHREBER, 1774) im Berliner Stadtgebiet (Bezirk Spandau). Diplomarbeit. Freie Universität Berlin, 83 S. + 35 S. Annex.
- Rousseeuw P. J., 1987: Silhouettes. A graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. *Journal of Computational and Applied Mathematics* **20**: 53–65. DOI: 10.1016/0377-0427(87)90125-7.
- Rubel F., Brugger K., Haslinger K. & Auer I., 2017: The climate of the European Alps. Shift of very high resolution Köppen-Geiger climate zones 1800–2100. *Meteorologische Zeitschrift* **26** (2): 115–125. DOI: 10.1127/metz/2016/0816.
- Rubel F. & Kottek M., 2010: Observed and projected climate shifts 1901–2100 depicted by world maps of the Köppen-Geiger climate classification. *Meteorologische Zeitschrift* **19** (2): 135–141. DOI: 10.1127/0941-2948/2010/0430.
- Runge F., 1990: Die Pflanzengesellschaften Deutschlands. Eine kleine Übersicht. 10./11., verbesserte und vermehrte Auflage. Münster, Aschendorff Verlag, 309 S.
- Runge H., Simon M., Widdig T. & Louis H. W., 2010: Rahmenbedingungen für die Wirksamkeit von Maßnahmen des Artenschutzes bei Infrastrukturvorhaben. FuE-Vorhaben im Rahmen des Umweltforschungsplanes des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz - FKZ 3507 82 080, 383 S. Zugang: [bfn.de/fileadmin/BfN/planung/eingriffsregelung/Dokumente/FuE_CEF_Endbericht_RUNGE_01.pdf](https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/planung/eingriffsregelung/Dokumente/FuE_CEF_Endbericht_RUNGE_01.pdf) [15.11.2019].
- Sabatini F. M., Burrascano S., Keeton W. S., Levers C., Lindner M., Pötzschner F., Verkerk P. J., Bauhus J., Buchwald E. & Chaskovsky O., et al., 2018: Where are Europe's last primary forests? *Diversity and Distributions* **25**: 1–14. DOI: 10.1111/ddi.12778.
- Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr, 2012: Planung und Gestaltung von Querungshilfen für Fledermäuse. Eine Arbeitshilfe für Straßenbauvorhaben

- im Freistaat Sachsen, 114 S. Zugang: verkehr.sachsen.de/download/verkehr/bq_SMWA_Querungshilfen_WEB.pdf [15.11.2019].
- salamandra, 2012: Propozycje zmian w sieci obszarów NATURA 2000, dotyczące ssaków. Zugang: salamandra.org.pl/attachments/658_TABELA-propozycje-zmian.pdf [30.04.2019].
- Sauerbrey R., Eschner D. & Riesbeck F., 1997: Militärische Altlasten: Nachfolgenutzung ehemals militärisch genutzter Flächen? Problemstellungen und Lösungsansätze. *Humboldt-Spektrum* 4 (1): 20–25.
- Saura S., Bodin Ö., Fortin M.-J. & Frair J., 2014: Stepping stones are crucial for species' long-distance dispersal and range expansion through habitat networks. *Journal of Applied Ecology* 51 (1): 171–182. DOI: 10.1111/1365-2664.12179.
- Schäfer R. & Metzger B., 2009: Was macht eigentlich das Waldsterben? In: Umweltgeschichte und Umweltzukunft (Hg. P. Masius, O. Sparenberg, J. Sprenger). Göttingen, Göttingen University Press: 201–227.
- Schlottau K., 2009: Umweltgeschichte und Altlasten: zur anhaltenden Relevanz gefährdender Stoffe. In: Umweltgeschichte und Umweltzukunft (Hg. P. Masius, O. Sparenberg, J. Sprenger). Göttingen, Göttingen University Press: 87–159.
- Schmeil O. & Fitschen J., 1982: Flora von Deutschland und seine angrenzenden Gebiete. Ein Buch zum Bestimmen der wildwachsenden und häufig kultivierten Gefäßpflanzen. 87., völlig überarbeitete und erweiterte Auflage. Heidelberg, Quelle & Meyer, 606 S.
- Schmidt C., 2017: Fledermausquartiere an Gebäuden, 69 S. Zugang: publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/22958 [20.08.2018].
- Schohknecht T., 2000: Trockenrasen und Heiden. Reihe: *Hinweise zur Biotop- und Landschaftspflege*, 16 S. Zugang: dvl.org/uploads/tx_ttproducts/datasheet/DVL-Publikation-Praxisheft_Hinweise_zur_Biotop-_und_Landschaftspflege-Trockenrasen_und_Heiden.pdf [20.08.2018].

- Schrödl G. & Joachim H.-F., 2000: Kopfweiden. Reihe: *Hinweise zur Biotop- und Landschaftspflege*, 8 S. Zugang: dvl.org/uploads/tx_ttproducts/datasheet/DVL-Publikation-Praxisheft_Hinweise_zur_Biotop-_und_Landschaftspflege-Kopfweiden.pdf [20.08.2018].
- Schroeder F.-G., 1998: Lehrbuch der Pflanzengeographie. Wiesbaden, Quelle & Meyer, x + 457 S. Reihe: *UTB für Wissenschaft (Band 8143)*.
- Schubert R., Hilbig W. & Klotz S., 2010: Bestimmungsbuch der Pflanzengesellschaften Deutschlands. 2. Auflage, unveränderter Nachdruck. Heidelberg, Spektrum Akademie Verlag, xiii + 472 S.
- Schubert R., Werner K. & Meusel H., 1994: Gefäßpflanzen. Grundband. 15., durchgesehene Auflage, unveränderter Nachdruck. Jena, Gustav Fischer Verlag, 639 S. Reihe: *Exkursionsflora von Deutschland / begr. von Werner Rothmaler (Band 2)*, 4 Bände.
- Schuhmacher O. & Dengler J., 2013: Das Land-Reitgras als Problemart auf Trockenrasen - Handlungsempfehlung zur Reduktion von *Calamagrostis epigejos*. Ergebnisse aus einem Praxisversuch, 16 S. DOI: 10.13140/RG.2.1.3147.9120.
- Schulenberg J., Günther A. & Schmidt C., 2001: Gestaltung von Fledermausquartieren, 43 S. Zugang: fledermausverband.de/lit-bilder/fledermaus1.pdf [15.11.2019].
- Schulze M.-P., 2004: Fort Hahneberg. Das einzige Außenfort der Festung Spandau. Berlin, Heimatkundliche Vereinigung Spandau 1954 e.V. - Förderkreis Museum Spandau, 224 S. Reihe: *Forschungen zur Geschichte von Stadt und Festung Spandau (Band 1)*.
- Schweizer S. & Werder-Zyprian H. von, 2019: Landschaftsgarten. In: Handbuch Landschaft (Hg. O. Kühne, F. Weber, K. Berr, C. Jenal). Wiesbaden, Springer-Verlag: 585–597.
- Seastedt T. R., Hobbs R. J. & Suding K. N., 2008: Management of novel ecosystems. Are novel approaches required? *Frontiers in Ecology and the Environment* **6** (10): 547–553. DOI: 10.1890/070046.
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, 2009: Verordnung zum Schutz der Landschaft des Hahneberges und Umgebung und über das Naturschutzgebiet Fort Hahneberg im Bezirk Spandau von Berlin. *Gesetz- und Verordnungsblatt für Berlin*, 2009 **65** (20): 410–412.

- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, 2017: Standard-Datenbogen. Fort Hahneberg FFH DE3444308, 11 S. Zugang: berlin.de/senuvk/natur_gruen/naturschutz/natura2000/download/gebiete/3444-308_ffh14_fort_hahneberg.pdf [06.04.2019].
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen, 2011: Geoportal Berlin - LaPro Grundlagen: Zielartenverbreitung. Zugang: fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp [18.12.2019].
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen, 2018: Geoportal Berlin - ATKIS® DGM - Digitales Geländemodell -. Zugang: fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp [02.02.2019].
- septintasfortas.lt, 2013: Kauno tvirtovės VII fortas. gamtos ir tikslųjų mokslų mokykla. Zugang: septintasfortas.lt/ [02.07.2019].
- Shen X. & Cao L., 2017: Tree-Species Classification in Subtropical Forests Using Airborne Hyperspectral and LiDAR Data. *Remote Sensing* **9** (11): 1180. DOI: 10.3390/rs9111180.
- Simons N. K., Gossner M. M., Lewinsohn T. M., Lange M., Türke M. & Weisser W. W., 2015: Effects of land-use intensity on arthropod species abundance distributions in grasslands. *The Journal of animal ecology* **84** (1): 143–154. DOI: 10.1111/1365-2656.12278.
- Simons N. K. & Weisser W. W., 2017: Agricultural intensification without biodiversity loss is possible in grassland landscapes. *Nature ecology & evolution* **1** (8): 1136–1145. DOI: 10.1038/s41559-017-0227-2.
- Singer O., 2004: Nach der Erweiterung: Die Förderung von Kultur und kultureller Vielfalt in der Europäischen Union. Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages, Fachbereich X Kultur und Medien. Berlin, Deutscher Bundestag, 61 S. Reg.-Nr. WF X – 051/04.
- Small N., Munday M. & Durance I., 2017: The challenge of valuing ecosystem services that have no material benefits. *Global Environmental Change* **44**: 57–67. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2017.03.005.

- Ssymank A., 1994: Neue Anforderungen im europäischen Naturschutz: Das Schutzgebietssystem Natura 2000 und die FFH-Richtlinie der EU. *Natur und Landschaft* **69** (9): 395–406.
- Stadt Dömitz & GOS mbH, 2007: Festung Dömitz. Bauteil Sandsteinportal Dokumentation einer Sanierung und Instandsetzung, 40 S. Zugang: gku-se.de/pdf/Doemitz_Portal_dt.pdf [11.06.2018].
- Stadtgeschichtliches Museum Spandau (Hg.), 2001: Von Vestungen. Die brandenburgisch-preussischen Festungen Spandau - Peitz - Küstrin. Begleitband zur Ausstellung als Teil der gemeinsamen Landesausstellung Berlin und Brandenburg "Preußen 2001 - Facetten einer Epoche". 1. Auflage. Berlin, Stadtgeschichtliches Museum, 127 S.
- State Progress Council, 2012: Lithuania's progress strategy "Lithuania 2030", 35 S. Zugang: docdroid.net/ERhjMs3/en-lietuva2030.pdf?token=VVRBFNJv [02.07.2019].
- Steeck S., 2010: Wer hat Angst vor dem finnischen Wolf? Die artenschutzrechtliche Ausnahmegenehmigung bei Arten im ungünstigen Erhaltungszustand. *Natur und Recht* **32** (1): 4–9. DOI: 10.1007/s10357-009-1789-9.
- Steinhardt U., Barsch H. & Blumenstein O., 2012: Lehrbuch der Landschaftsökologie. 2. überarbeitete und ergänzte Auflage. Heidelberg, Spektrum Akademischer Verlag, iv + 295 S. DOI: 10.1007/978-3-8274-2397-9.
- Stift Göttweig, 2017: Benediktinerstift Göttweig - Ort der Begegnung - Geschichte. Homepage. Zugang: stiftgoettweig.at/site/kloster/geschichte/article/199.html [14.09.2017].
- tagfalter-monitoring.de, 2015: Bestimmungstabellen - Tagfalter-Monitoring. Zugang: ufz.de/tagfalter-monitoring/index.php?de=41776 [29.08.2018].
- TEEB, 2010: Die Ökonomie von Ökosystemen und Biodiversität: Die ökonomische Bedeutung der Natur in Entscheidungsprozesse integrieren. (TEEB (2010) The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature) Ansatz, Schlussfolgerungen und Empfehlungen von TEEB – eine Synthese. Münster, Landwirtschaftsverlag, 48 S.

- Tena E., 2019: Nietoperek (Poland), Land of Bats - SECEMU. Zugang: secemu.org/en/nietoperek-polonia-tierra-murcielagos/ [21.06.2019].
- Teubner J., Teubner J. & Dolch D., 2000: Fledermausschutz im Siedlungsbereich. Reihe: *Hinweise zur Biotop- und Landschaftspflege*, 12 S. Zugang: dvl.org/uploads/tx_ttproducts/datasheet/DVL-Publikation-Praxisheft_Hinweise_zur_Biotop-_und_Landschaftspflege-Fledermausschutz_im_Siedlungsbereich.pdf [20.08.2018].
- the Pl@ntNet team, 2009: Pl@ntNet. Zugang: plantnet.org/en/ [09.10.2018].
- Theissen A. & Voigt S., 2009: Das Fort Hahneberg im Spannungsfeld zwischen Natur- und Denkmalschutz. In: *Das Ende der Festungen. Aufgelassen - geschleift - vergessen?* (Hg. Deutsche Gesellschaft für Festungsforschung e.V. (DGF)). Regensburg, Schnell + Steiner: 219–242.
- Thole S., 2007: Die Festung Rothenberg - Der Festungsbau im 18. Jahrhundert, Maßnahmen der Erhaltung und Möglichkeiten der Konservierung. Dissertation. Otto-Friedrich-Universität-Bamberg, 313 S. Zugang: opus4.kobv.de/documents/106/0_text.pdf.
- Thomas C. D., Thomas J. A. & Warren M. S., 1992: Distributions of occupied and vacant butterfly habitats in fragmented landscapes. *Oecologia* **92** (4): 563–567. DOI: 10.1007/BF00317850.
- Thompson A., 2017: Novel Ecosystems and Adapting Nature Conservation. In: *Philosophy. Environmental ethics* (Hg. D. Schmidtz). Farmington Hills, Gale Cengage Learning: 69–96.
- Thyssen B., 2010: Wann ist erheblich “erheblich”? *Natur und Recht* **32** (1): 9–17. DOI: 10.1007/s10357-009-1790-3.
- Tichý L., 2002: JUICE, software for vegetation classification. *Journal of Vegetation Science* **13** (3): 451–453. DOI: 10.1111/j.1654-1103.2002.tb02069.x.
- Tischler W., 1990: Ökologie der Lebensräume. Meer, Binnengewässer, Naturlandschaften, Kulturlandschaft. Stuttgart, Fischer, xii + 356 S. Reihe: *UTB (Band 1535)*.
- Treiber R., 2010: Etude relative à la gestion intégrée de la couverture végétale des fortifications de la Ville de Neuf-Brisach. Habitats naturels et état de la végétation,

inventaires floristiques et faunistiques, mesures de gestion et de developpement, 78 S. (unv.).

Trepl L., 2012: Die Idee der Landschaft. Eine Kulturgeschichte von der Aufklärung bis zur Ökologiebewegung. Bielefeld, Transcript, 255 S. Reihe: *Edition Kulturwissenschaft (Band 16)*.

Tress B. & Tress G., 2001: Capitalising on multiplicity. A transdisciplinary systems approach to landscape research. *Landscape and Urban Planning* **57** (3-4): 143–157. DOI: 10.1016/S0169-2046(01)00200-6.

TROPOS, 2017: Lidar. Zugang: tropos.de/forschung/grossprojekte-infrastruktur-technologie/technologie-am-tropos/fernerkundung/lidar/ [03.07.2018].

Truitt A. M., Granek E. F., Duveneck M. J., Goldsmith K. A., Jordan M. P. & Yazzie K. C., 2015: What is Novel About Novel Ecosystems. Managing Change in an Ever-Changing World. *Environmental management* **55** (6): 1217–1226. DOI: 10.1007/s00267-015-0465-5.

Tuia D., Marcos D. & Camps-Valls G., 2016: Multi-temporal and multi-source remote sensing image classification by nonlinear relative normalization. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* **120**: 1–12. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2016.07.004.

Tunstall G. A., 2016: Written in Blood. The Battles for Fortress Przemył in WWI. Bloomington, Indiana University Press, 408 S. Reihe: *Twentieth-century battles*.

Tuomisto H., 2010a: A diversity of beta diversities. Straightening up a concept gone awry. Part 1. Defining beta diversity as a function of alpha and gamma diversity. *Ecography* **33** (1): 2–22. DOI: 10.1111/j.1600-0587.2009.05880.x.

Tuomisto H., 2010b: A diversity of beta diversities. Straightening up a concept gone awry. Part 2. Quantifying beta diversity and related phenomena. *Ecography* **33** (1): 23–45. DOI: 10.1111/j.1600-0587.2009.06148.x.

Tüxen R. & Preising E., 1956: Die heutige potentielle natürliche Vegetation als Gegenstand der Vegetationskartierung. *Angewandte Pflanzensoziologie* **13**: 5–42.

UNDP, 2010: Human Development Report 2010 20th Anniversary Edition. The real wealth of nations: Pathways to human development, xiii + 227 S. Reihe: *Human development report (Band 2010)*.

UNESCO World Heritage Centre, 1972: Convention concerning the Protection of the World Cultural and Natural Heritage, Adopted by the General Conference at its seventeenth session Paris, 16 November 1972, 232 S. Zugang: whc.unesco.org/document/155971 [15.10.2017].

UNESCO World Heritage Centre, 2007: System of Fortifications at the Confluence of the Rivers Danube and Váh in Komárno - Komárom - UNESCO World Heritage Centre. Zugang: whc.unesco.org/en/tentativelists/1498/ [13.09.2017].

UNESCO World Heritage Centre, 2008: Fortifications of Vauban. Zugang: whc.unesco.org/en/list/1283/ [13.09.2017].

UNESCO World Heritage Centre, 2017: Venetian Works of Defence between the 16th and 17th Centuries: Stato da Terra – Western Stato da Mar. Zugang: whc.unesco.org/en/list/1533/ [26.10.2017].

United Nations General Assembly resolution 69/315 (GAOR), 01. September 2015: Draft outcome document of the United Nations summit for the adoption of the post-2015 development agenda. A/RES/69/315. Sixty-ninth session, Agenda items 13 (a) and 115. *UN Doc. (A/69/49 (Vol. III) (2015))*: 106–130. Zugang: [undocs.org/en/A/69/49\(vol.iii\)](http://undocs.org/en/A/69/49(vol.iii)) [16.11.2017].

up2europe, 2006: Development of a Conversion Network in the Baltic Sea Region (CONVERNET). project archive of "Convernet" interreg IIIb project 2003-2006. Zugang: up2europe.eu/european/projects/development-of-a-conversion-network-in-the-baltic-sea-region_133389.html%20&%20*133390.html [22.01.2018].

USGS, 2017: Alphabetical listing of categories: P. Zugang: www2.usgs.gov/science/science-kwic.php?letter=p [19.12.2017].

van der Linden S., Rabe A., Held M., Jakimow B., Leitão P., Okujeni A., Schwieder M., Suess S. & Hostert P., 2015: The EnMAP-Box—A Toolbox and Application Programming

- Interface for EnMAP Data Processing. *Remote Sensing* **7** (9): 11249–11266. DOI: 10.3390/rs70911249.
- Vejre H., Jensen F. S. & Thorsen B. J., 2010: Demonstrating the importance of intangible ecosystem services from peri-urban landscapes. *Ecological Complexity* **7** (3): 338–348. DOI: 10.1016/j.ecocom.2009.09.005.
- Verschuure-Stuip G., 2014: Project New Dutch Waterline and Project Arcadian Landscapes: Guidelines for new spatial development based in heritage, 13 S. Zugang: resolver.tudelft.nl/uuid:12eb106f-516d-4a93-ba15-f2de1ee566d2 [26.12.2019].
- Ville de Namur, 2017: Citadelle Namur. Bienvenue à la Citadelle. Zugang: ville.namur.be/page.asp?langue=FR&id=935&+=OK [26.10.2017].
- Vítková M. & Kolbek J., 2010: Vegetation classification and synecology of Bohemian Robinia pseudacacia stands in a Central European context. *Phytocoenologia* **40** (2): 205–241. DOI: 10.1127/0340-269X/2010/0040-0425.
- Vítková M., Müllerová J., Sádlo J., Pergl J. & Pyšek P., 2017: Black locust (Robinia pseudoacacia) beloved and despised. A story of an invasive tree in Central Europe. *Forest ecology and management* **384**: 287–302. DOI: 10.1016/j.foreco.2016.10.057.
- Voigt C. C., Phelps K. L., Aguirre L. F., Schoemann M. C., Vanitharani J. & Zubaid A., 2016: Bats and Buildings: The Conservation of Synanthropic Bats. In: Bats in the Anthropocene. Conservation of Bats in a Changing World (Hg. C. C. Voigt, T. Kingston). Cham, Springer International Publishing: 427–462.
- von Clausewitz C., 1833: Vom Kriege. Sechstes Buch: Verteidigung, 141–456 S. Reihe: *Vom Kriege (Band 2)*, 3 Bände. urn:nbn:de:bvb:12-bsb10594571-4.
- von Haaren C., Scholles F., Ott S., Myrzik A. & Wulfert K., 2004: Strategische Umweltprüfung und Landschaftsplanung. Abschlussbericht zum F+E-Vorhaben 802 82 130 des Bundesamts für Naturschutz, 164 S. Zugang: bfn.de/fileadmin/MDB/documents/fe_sup_endbericht.pdf [19.06.2018].

- Wahl J., Dröschmeister R., Gerlach B., Grüneberg C., Langgemach T. & Trautmann S., 2015: Vögel in Deutschland – 2014. DDA, BfN, LAG VSW. Münster, Dachverband Deutscher Avifaunisten e.V., 72 S.
- Waldron A., Miller D. C., Redding D., Mooers A., Kuhn T. S., Nibbelink N., Roberts J. T., Tobias J. A. & Gittleman J. L., 2017: Reductions in global biodiversity loss predicted from conservation spending. *Nature* (551): 364–367. DOI: 10.1038/nature24295.
- Walter R. & Dorn P., 1995: Geologie von Mitteleuropa. Mit 12 Tabellen. 6. Auflage / von Roland Walter. Stuttgart, Schweizerbart, ix + 566 S.
- Walz U., 2002: Landscape information systems. *In: Development and perspectives of landscape ecology* (Hg. O. Bastian, U. Steinhardt). Dordrecht, Kluwer Academic Publ: 272–294.
- Webb P. I., 1995: The comparative ecophysiology of water balance in microchiropteran bats. *In: Ecology, Evolution and Behaviour of Bats* (Hg. Zoological Society of London). Oxford University Press: 203–218.
- Weber H. E., 1998: Franguletea (H 1). Faulbaum-Gebüsche. Göttingen, Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft e.V., 86 S. Reihe: *Synopsis der Pflanzengesellschaften Deutschlands (Band 4)*, 12 Bände.
- Weber H. E., 1999: Rhamno-Prunetea (H2A). Schlehen- und Traubenholunder - Gebüsche. Göttingen, Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft e.V., 108 S. Reihe: *Synopsis der Pflanzengesellschaften Deutschlands (Band 5)*, 12 Bände.
- Webster N., 1913: Webster's Unabridged Dictionary 1913. 111.716 definitions & 1.55 mill cross-references. TruthBeTold Ministry.
- Weisser W. W., Roscher C., Meyer S. T., Ebeling A., Luo G., Allan E., Beßler H., Barnard R. L., Buchmann N. & Buscot F., et al., 2017: Biodiversity effects on ecosystem functioning in a 15-year grassland experiment. Patterns, mechanisms, and open questions. *Basic and Applied Ecology* **23**: 1–73. DOI: 10.1016/j.baae.2017.06.002.

- Westerhoff I. (Hg.), 2011: Kultur und Natur - ein Widerspruch? Historische Festungen: Denkmalpflege, Natur- und Landschaftsschutz. Mainz. 07.10. - 07.10.2010. Köln, Rheinischer Verein für Denkmalpflege und Landschaftsschutz, 207 S.
- Whittaker R. H., 1960: Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. *Ecological Monographs* **30** (3): 279–338. DOI: 10.2307/1943563.
- Whittaker R. H., 1965: Dominance and Diversity in Land Plant Communities. Numerical relations of species express the importance of competition in community function and evolution. *Science (New York, N.Y.)* **147** (3655): 250–260. DOI: 10.1126/science.147.3655.250.
- Whittaker R. H., 1972: Evolution and Measurement of Species Diversity. *Taxon* **21** (2/3): 213. DOI: 10.2307/1218190.
- Whittaker R. H., 1977: Evolution of species diversity in land communities. *In*: Evolutionary Biology (Hg. M. K. Hecht, W. C. Steere, B. Wallace). New York, Plenum Press: 1–67.
- Whittaker R. H., Levin S. A. & Root R. B., 1973: Niche, Habitat, and Ecotope. *The American Naturalist* **107** (955): 321–338. DOI: 10.1086/282837.
- Wilson E. O., 1988: The Current State of Biological Diversity. *In*: Biodiversity (Hg. National Academy of Sciences). Washington D.C., National Academies Press: 3–18.
- Wittig R., 2012: Geobotanik. 1. Auflage. Bern, Haupt Verlag, 319 S. Reihe: *UTB basics*.
- World Meteorological Organization (WMO), 2009: Handbook on CLIMAT and CLIMAT TEMP Reporting. 2009 edition. Reihe: *World Weather Watch Technical Report (WMO/TD-No. 1188)*, ii + 115 S. Zugang: library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=9253 [30.08.2018].
- Zarzycki K. & Szelać Z., 2006: Czerwona list roślin naczyniowych w Polsce. Red List of the vascular plants In Poland. *In*: Czerwona lista roślin i grzybów Polski. Red list of plants and fungi in Poland (Hg. M. Zbigniew). Kraków, Polish Academy of Sciences: 3–14.
- Zespół Parków Krajobrazowych Województwa Lubuskiego (ZPKWL), 2012: Park Krajobrazowy "Ujście Warty". Zugang: zpkwl.gorzow.pl/index.php/parki-krajobrazowe/park-krajobrazowy-ujscie-warty [28.04.2019].

Zhao F., Meng R., Huang C., Zhao M., Gong P., Le Yu & Zhu Z., 2016: Long-Term Post-Disturbance Forest Recovery in the Greater Yellowstone Ecosystem Analyzed Using Landsat Time Series Stack. *Remote Sensing* **8** (11): 898. DOI: 10.3390/rs8110898.

Zupančič M., Kavčič M. & Deanovič B., 2014: Conservation Plan as the Basic Document for Conservationist Activities. *In*: Handbook of typical historic technologies of fortress constructions. Saving of European cultural heritage fortified monuments in Central Europe: result of transnational cooperation in the project Forte Cultura to capitalise fortified cultural heritage for sustainable development and competitiveness of cities and regions (Hg. A. Jankovič Potočnik, M. Župančič, A. Marn). Ljubljana, Zavod za varstvo kulturne dediščine Slovenije: 12–16.

Persönliche Kommunikation:

Dr. Dumbrauskas, Antanas

Vytautas Magnus Universität
<https://www.vdu.lt>
Mail: antanas.dumbrauskas@vdu.lt
Tel.: +370 687 93797

Dr. Gerlitz, Lars

Helmholtz-Zentrum Potsdam
Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ
<https://www.gfz-potsdam.de/>
Mail: lars.gerlitz@gfz-potsdam.de
Tel.: +49 331 28828990

Dr. Pardela, Łukasz

Naturwissenschaftliche Universität Breslau
Institut für Landschaftsarchitektur
<https://www.upwr.edu.pl>
Mail: lukasz.pardela@upwr.edu.pl
Tel.: +48 71 3205575

Rust, Margit

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen
Abteilung III -Geoinformation-Geodateninfrastruktur
<http://www.stadtentwicklung.berlin.de/geoinformation/>
Mail: margit.rust@sensw.berlin.de
Tel.: +49 30 901395155

Eigenständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, die Dissertation selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Hilfen und Hilfsmittel angefertigt zu haben.

Ich habe mich anderwärts nicht um einen Doktorgrad beworben und besitze keinen entsprechenden Doktorgrad.

Ich erkläre, dass ich die Dissertation oder Teile davon nicht bereits bei einer anderen wissenschaftlichen Einrichtung eingereicht habe und dass sie dort weder angenommen noch abgelehnt wurde.

Ich erkläre die Kenntnisnahme der dem Verfahren zugrunde liegenden Promotionsordnung der Landwirtschaftlich Gärtnerischen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin vom 14.07.2005.

Weiterhin erkläre ich, dass keine Zusammenarbeit mit gewerblichen Promotionsbearbeiterinnen/Promotionsberatern stattgefunden hat und dass die Grundsätze der Humboldt-Universität zu Berlin zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis eingehalten wurden.

Berlin, 20.02.2020

Veikko Junghans

Übersicht Anhänge

Anhang A	allgemeine Abbildungen	Seiten A-1 bis A-19
Anhang B	Quellennachweise Datensätze, Skripte u.a. zu Material und Methoden	Seiten B-1 bis B-20
Anhang C	Relevee-Daten und TWINSPAN-Auswertungen	
	Fort Hahneberg (D)	Seiten C-2 bis C-17
	Fort Sarbinowo (PL)	Seiten C-18 bis C-42
	Kaunas (LT)	Seiten C-43 bis C-123
	TWINSPAN Auswertung aller Forts	Seiten C-124 bis C-127
Anhang D	Auswertungen Luftbildanalysen	
	Fort Hahneberg (D)	Seiten D-1 bis D-4
	Fort Sarbinowo (PL)	Seiten D-5 bis D-8
	Kaunas Fort IV (LT)	Seiten D-9 bis D-10
	Kaunas Fort V (LT)	Seiten D-11 bis D-13
Anhang E	Abbildungen und Zusammenstellungen Satellitendatenauswertungen	
	Fort Hahneberg (D)	Seiten E-1 bis E-12
	Fort Sarbinowo (PL)	Seiten E-13 bis E-20
	Kaunas Fort IV (LT)	Seiten E-14 bis E-28
	Kaunas Fort V (LT)	Seiten E-29 bis E-35
Anhang F	Abbildungen und Zusammenstellungen Schutzzonen	
	Fort Hahneberg (D)	Seiten F-1 bis F-2
	Wrocław (PL)	Seite F-3
	Kaunas (LT)	Seiten F-4 bis F-7

Anhang G Fotografien der Kartierflächen

Fort Hahneberg (D)	Seiten G-1 bis G-2
Fort Sarbinowo (PL)	Seite G-3
Wrocław (PL)	Seiten G-4 bis G-6
Kaunas (LT)	Seiten G-7 bis G-10
Cascais (PT)	Seite G-11
Falmouth (GB)	Seite G-12
Josefov (CZ)	Seite G-13
Komárom (HU)	Seite G-14
Peniche (PT)	Seite G-15
Vigo (ES)	Seite G-16

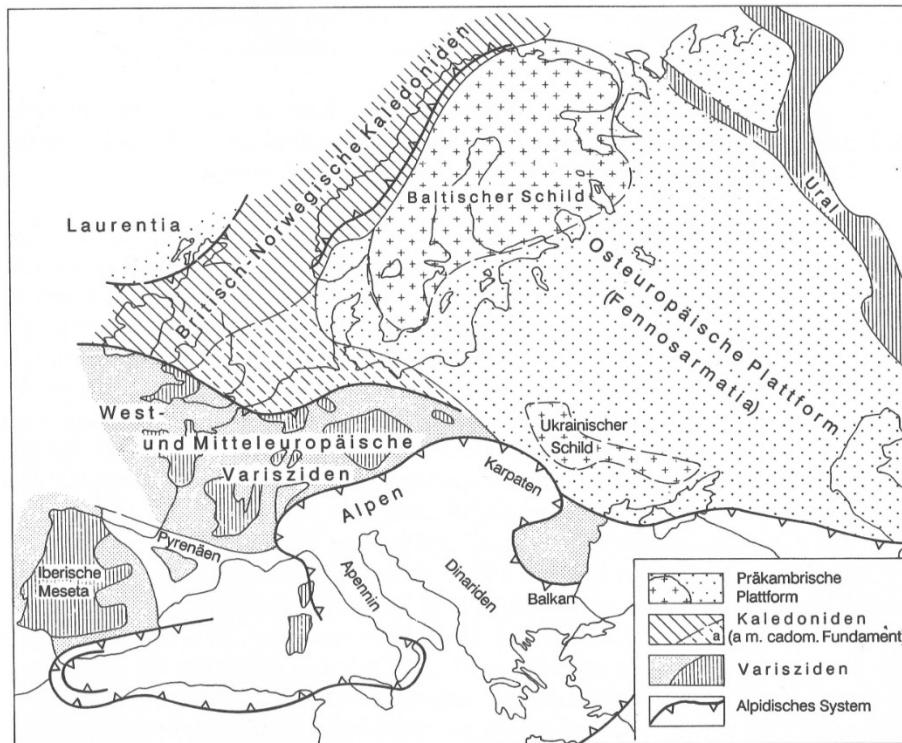


Abbildung A-1: geotektonische Gliederung Europas, aus Walter (1995: 3)

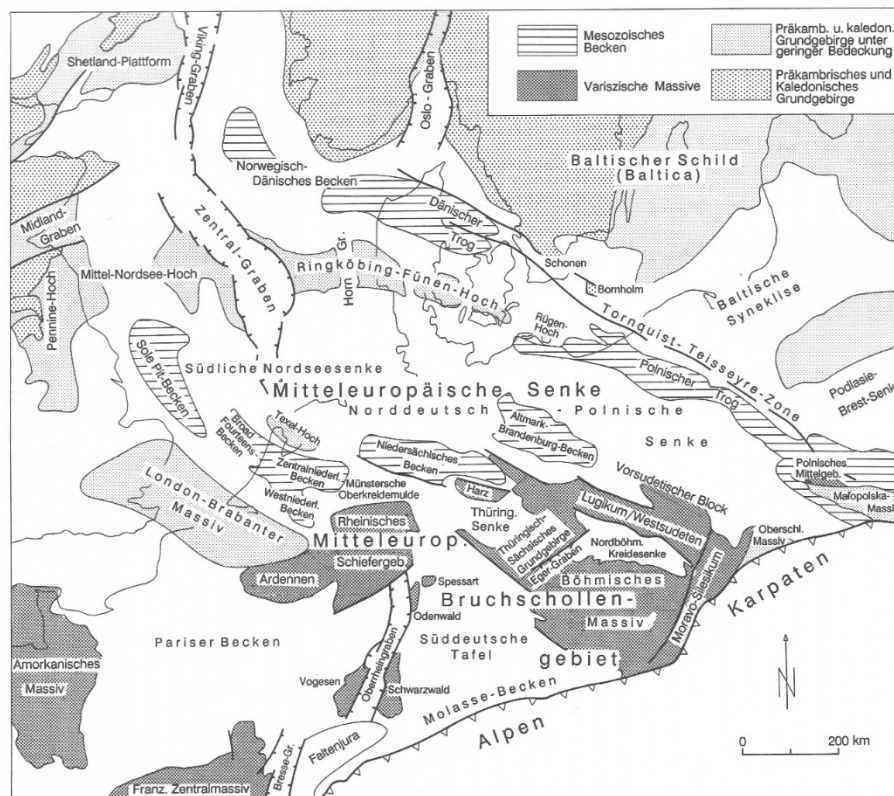


Abbildung A-2: Geologische Gliederung Mitteleuropas, aus Walter (1995: 5)



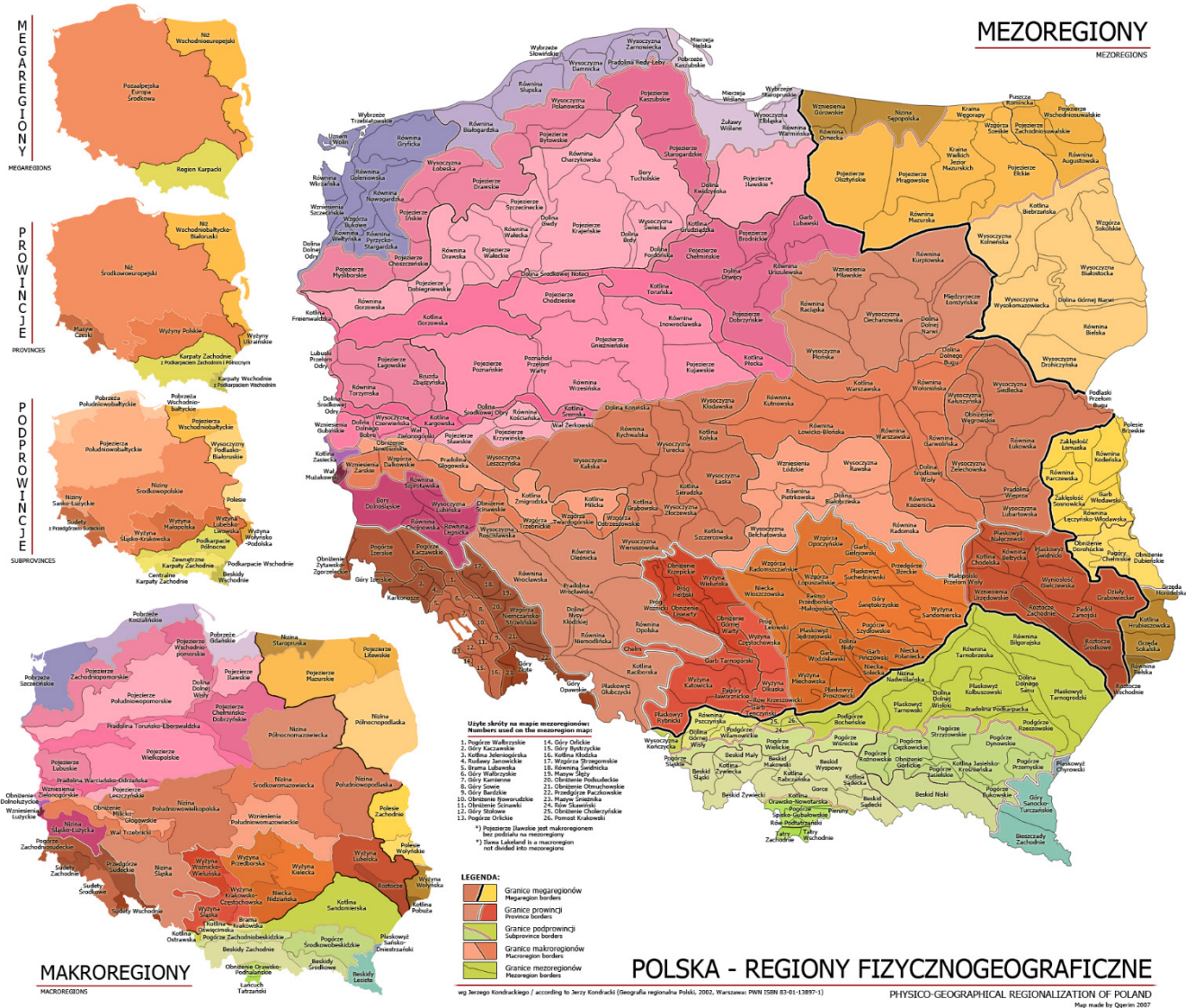


Abbildung A-4: physiographische bzw. naturräumliche Gliederung Polens, nach Kondracki (2002)

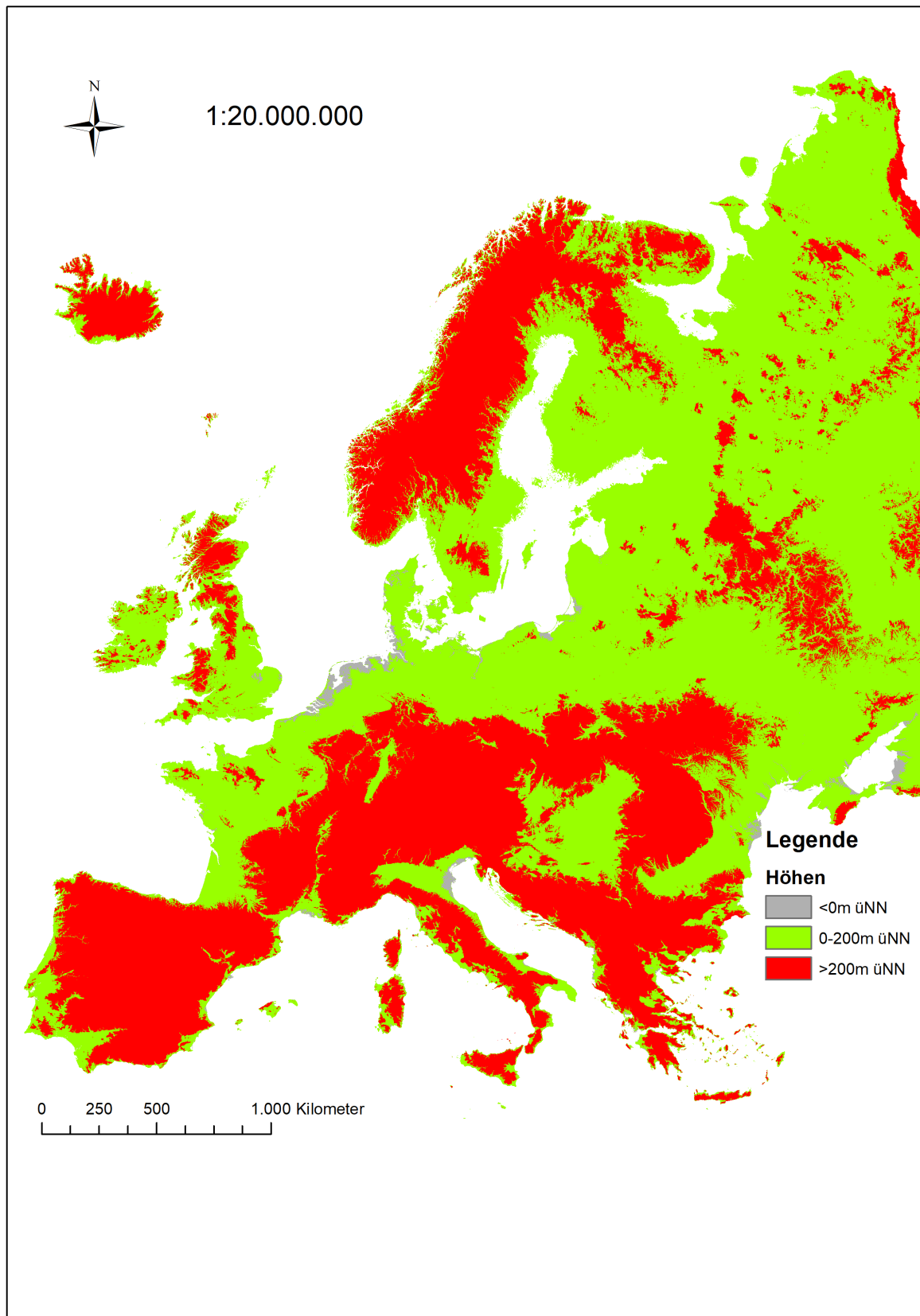
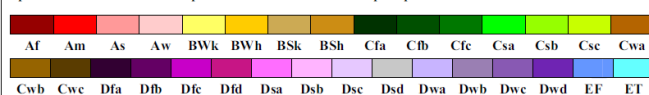


Abbildung A-5: Veranschaulichung der Höhenstufe <200m üNN in Europa (Basis GTOPO30)

World Map of Köppen–Geiger Climate Classification

updated with CRU TS 2.1 temperature and VASCLimO v1.1 precipitation data 1951 to 2000



Main climates

A: equatorial
B: arid
C: warm temperate
D: snow
E: polar

Precipitation

W: desert
S: steppe
f: fully humid
s: summer dry
w: winter dry
m: monsoonal

Temperature

h: hot arid
k: cold arid
a: hot summer
b: warm summer
c: cool summer
d: extremely continental
F: polar frost
T: polar tundra

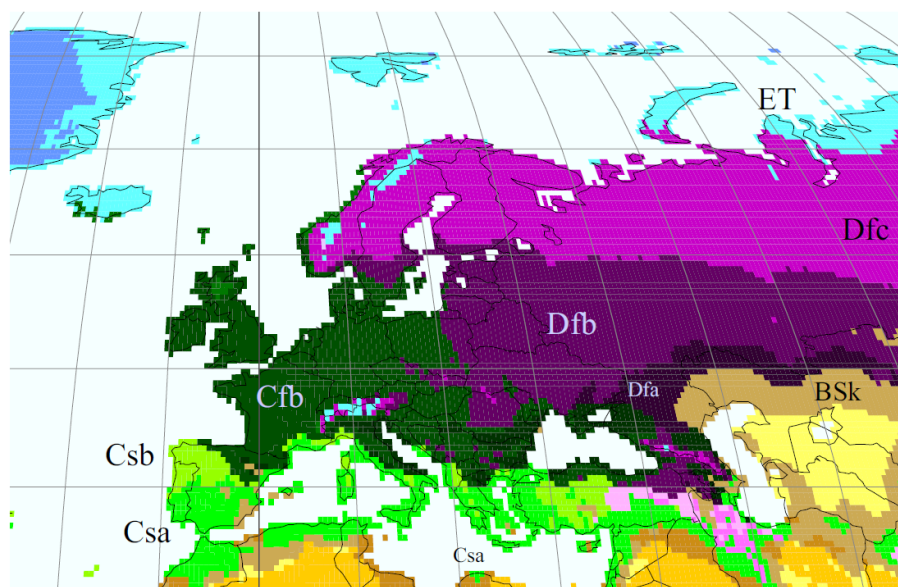


Abbildung A-6: Klimate Europas in der effektiven Klimaklassifikation nach Köppen-Geiger der Periode 1951-2000, aus Kottek et al. (2006)

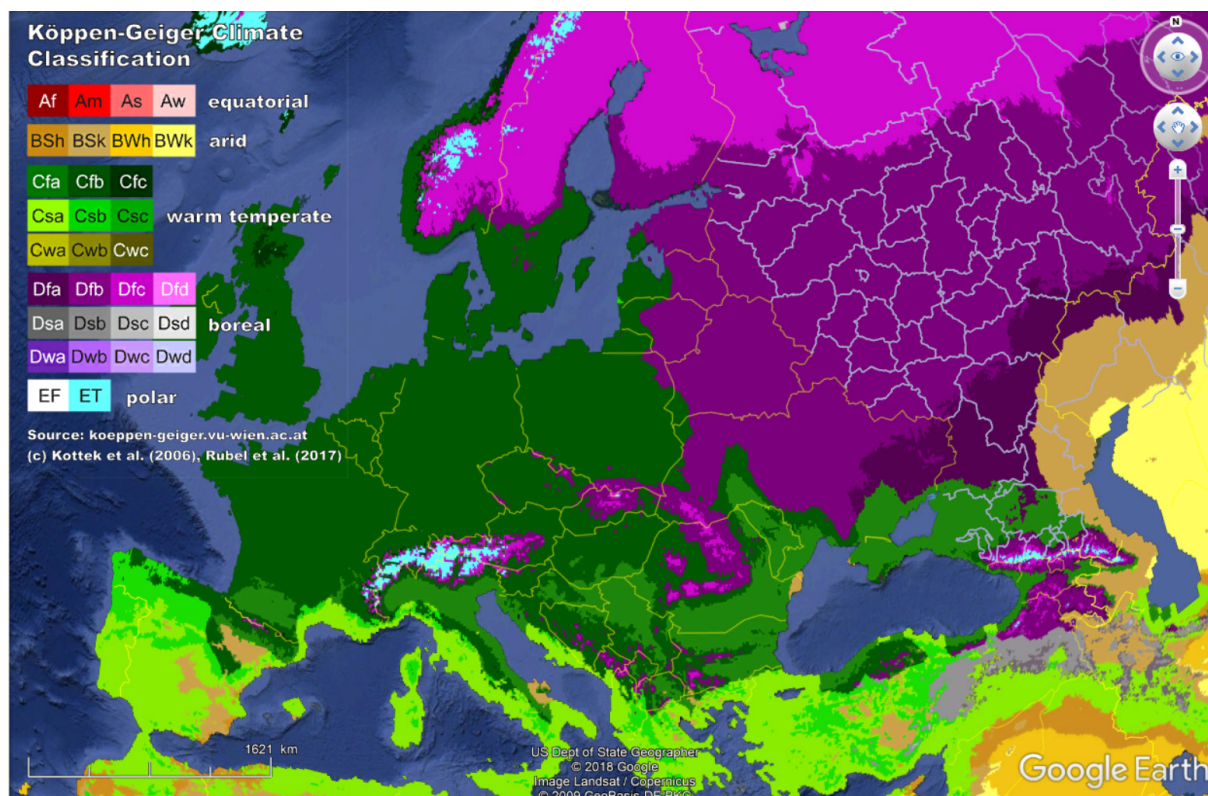


Abbildung A-7: Klimate Europas in der effektiven Klimaklassifikation nach Köppen-Geiger, Periode 1986-2010, aus Rubel et al. (2017)

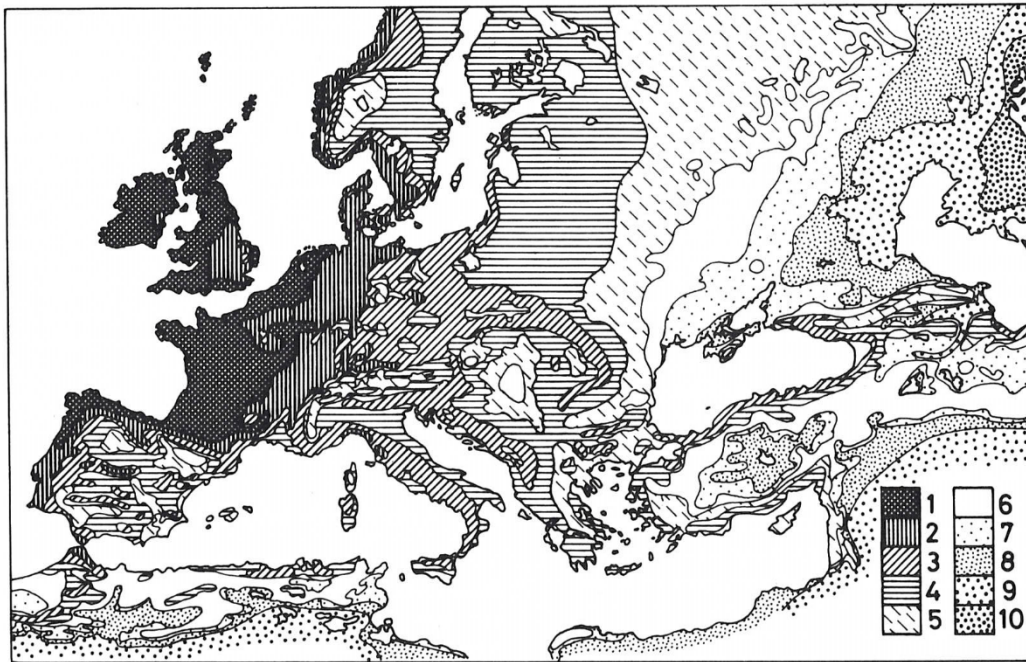


Abbildung A-8: Gliederung Europas nach Ozeanitätsgefälle aus vegetationsökologischer Sicht (1= euozeanischer Bereich, 2= ozeanischer Bereich, 3= ozeanisch bis subozeanischer Bereich, 4= subozeanischer Bereich, 5= subozeanisch bis subkontinentaler Bereich, 6= subkontinentaler Bereich, 7= sukontinentaler bis kontinentaler Bereich, 8= kontinentaler Bereich, 9= eukontinentaler Bereich; 10= Wüstenbereich), aus Dierschke (1994: 583)

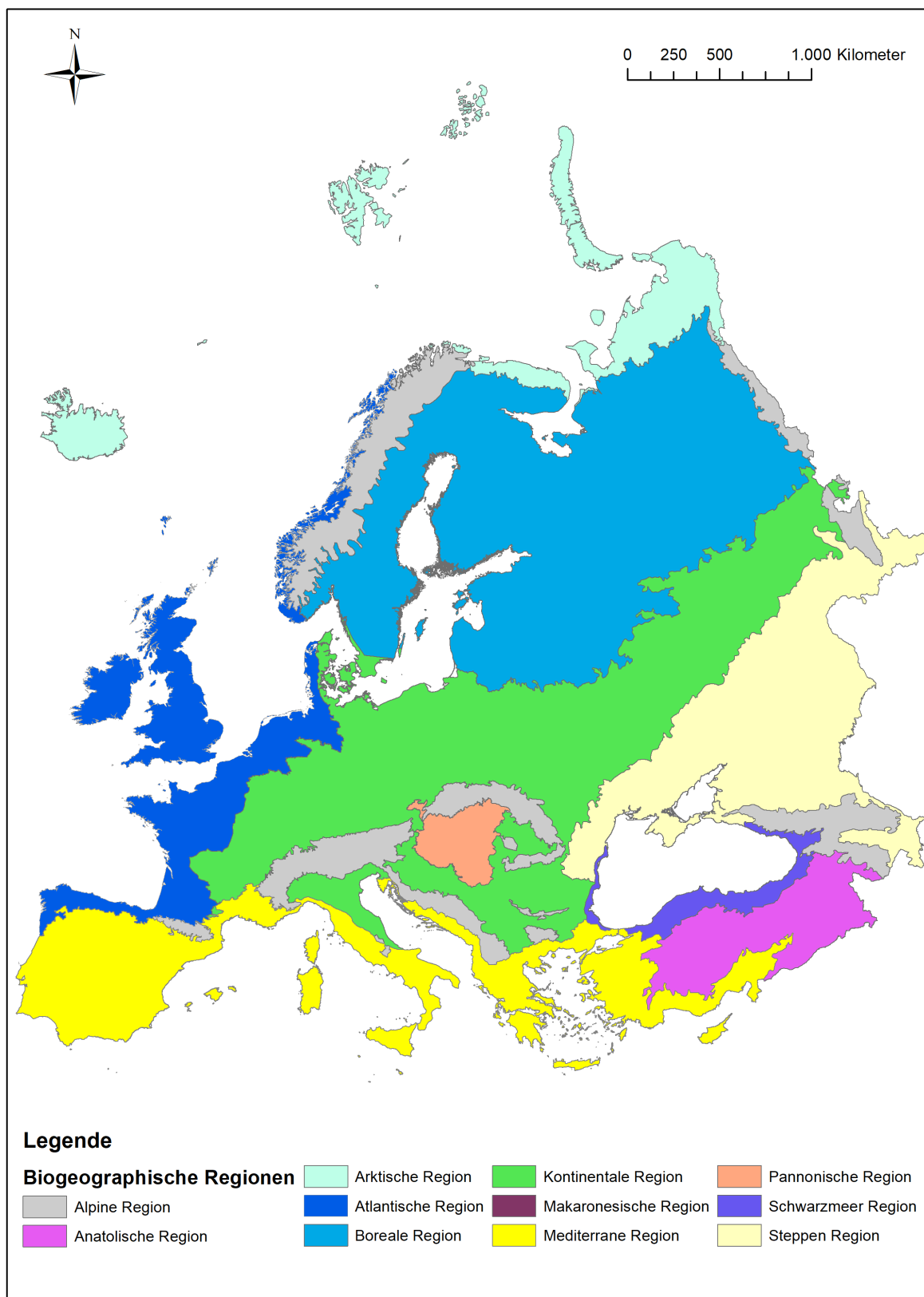


Abbildung A-9: biogeographische Regionen Europas, EEA (2016)

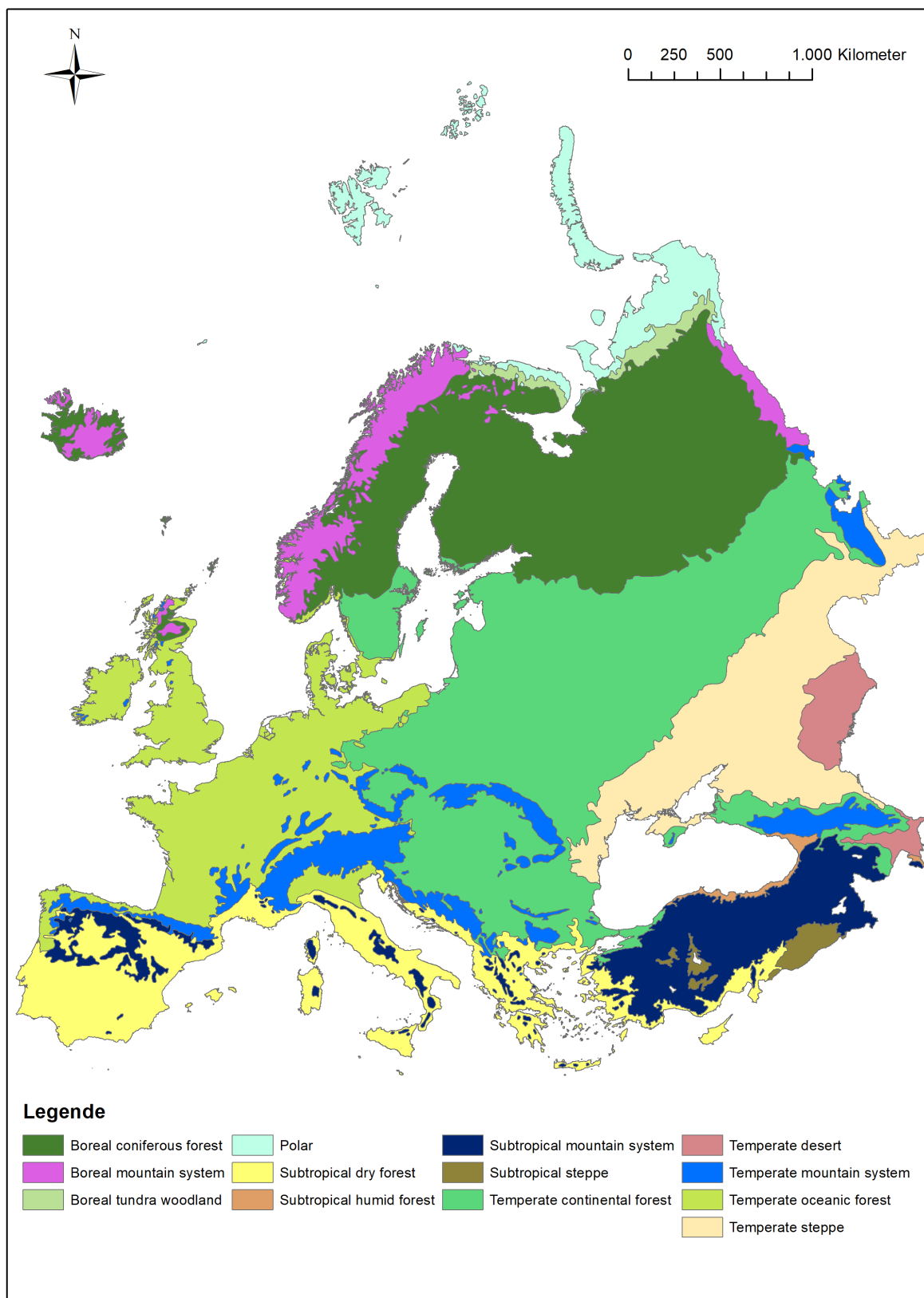


Abbildung A-10: FAO eco zones in Europa, FAO (2010)

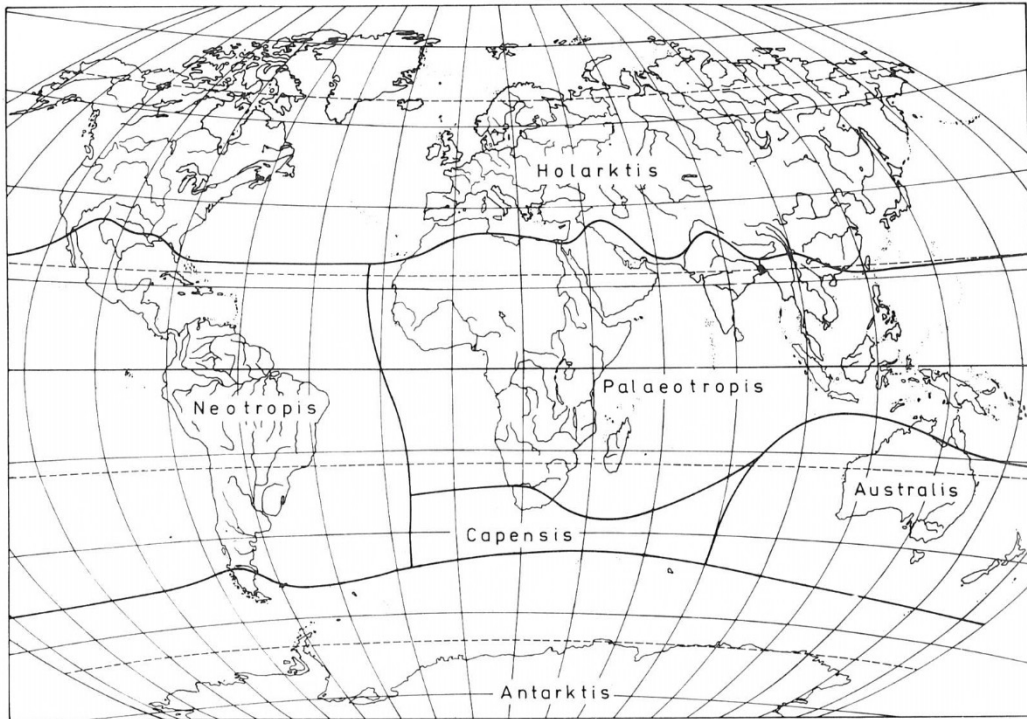


Abbildung A-11: Florenreiche der Welt, aus Dierschke (1994: 536)

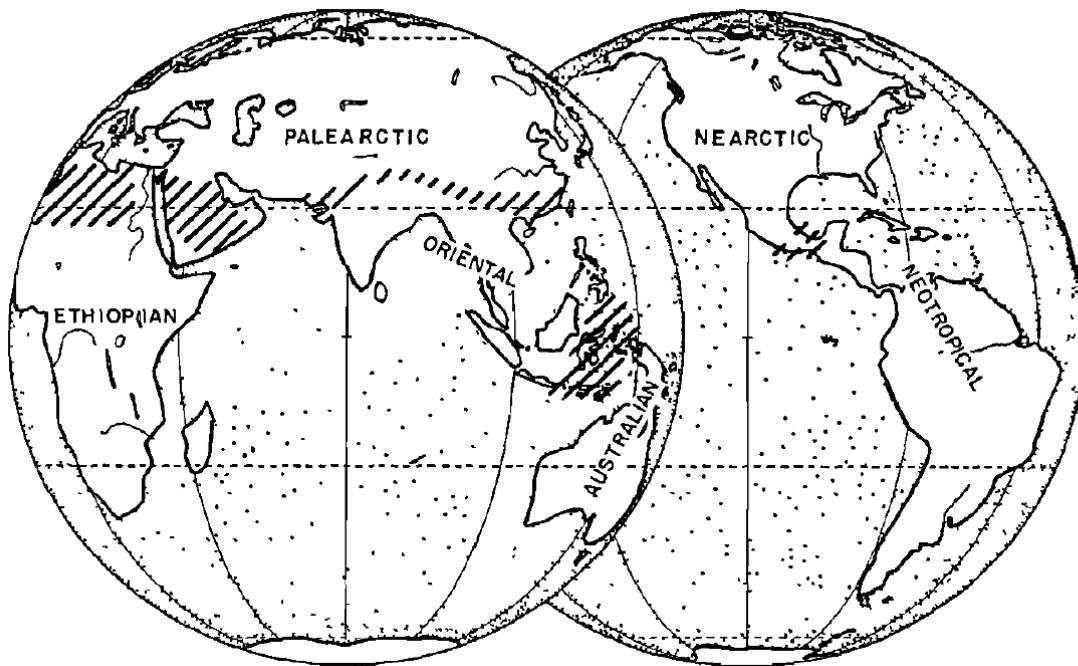


Abbildung A-12: Faunenprovinzen der Welt aus Darlington (1957: 427)

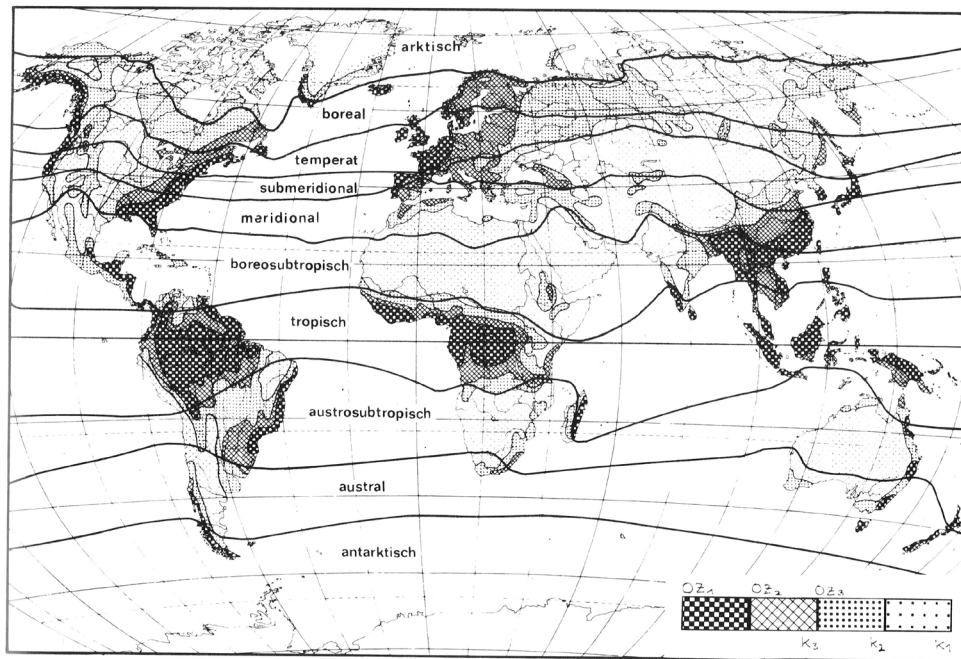


Abbildung A-13: Florenzzonen und Ozeanitätsbereiche, aus Dierschke (1994: 581) (nach Jäger aus Meusel & Kapp 1983)

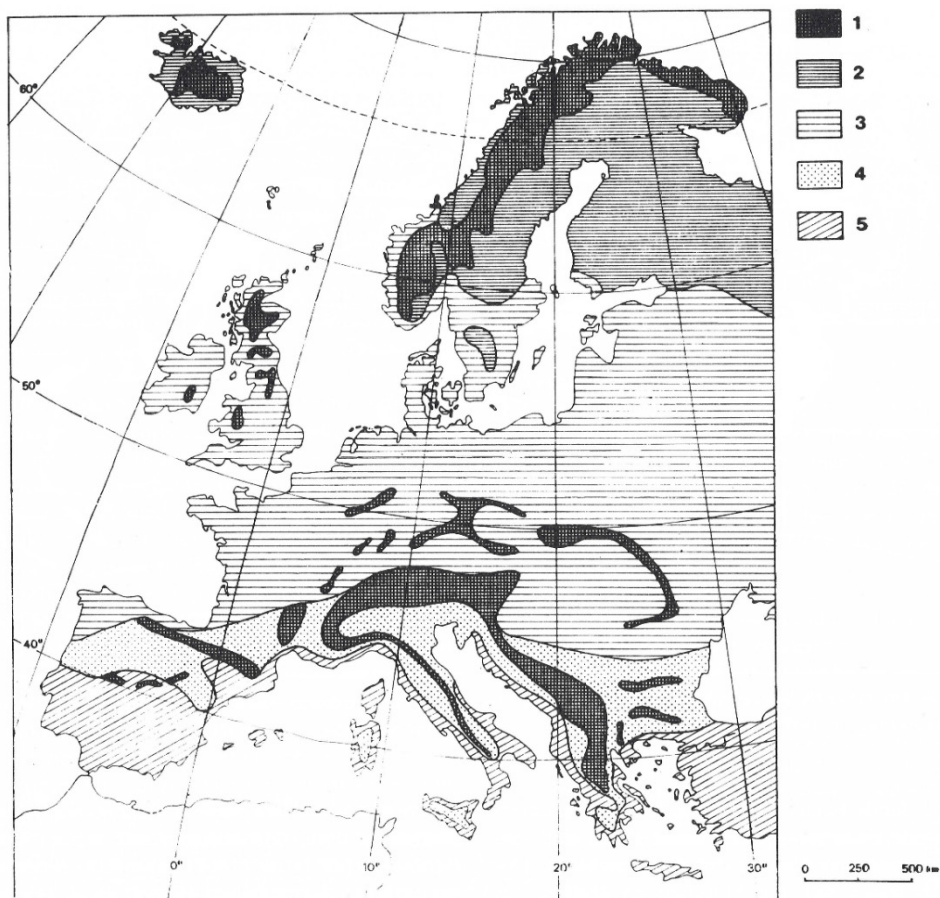


Abbildung A-14: Florenzzonen Europas, nach Dierssen (1990) aus Dierschke (1994: 582) -- 1: Arktisch-alpine Bereiche; 2: boreale Zone; 3: temperate Zone; 4: submeridionale Zone; 5: meridionale Zone)

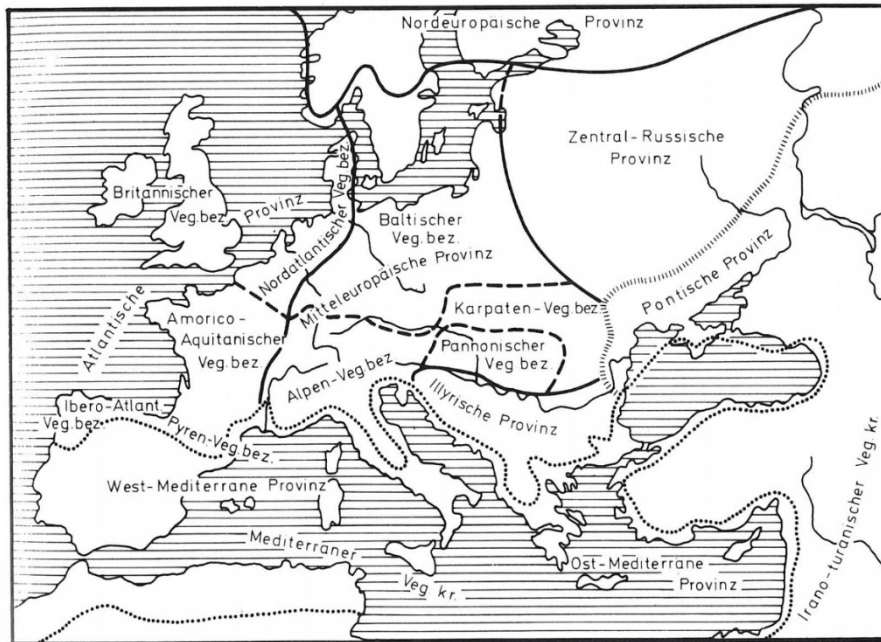


Abbildung A-15: Vegetationskreise, -provinzen, -bezirke und -distrikte Europas, aus Dierschke (1994: 535) (nach Braun-Blanquet aus Schubert 1991)

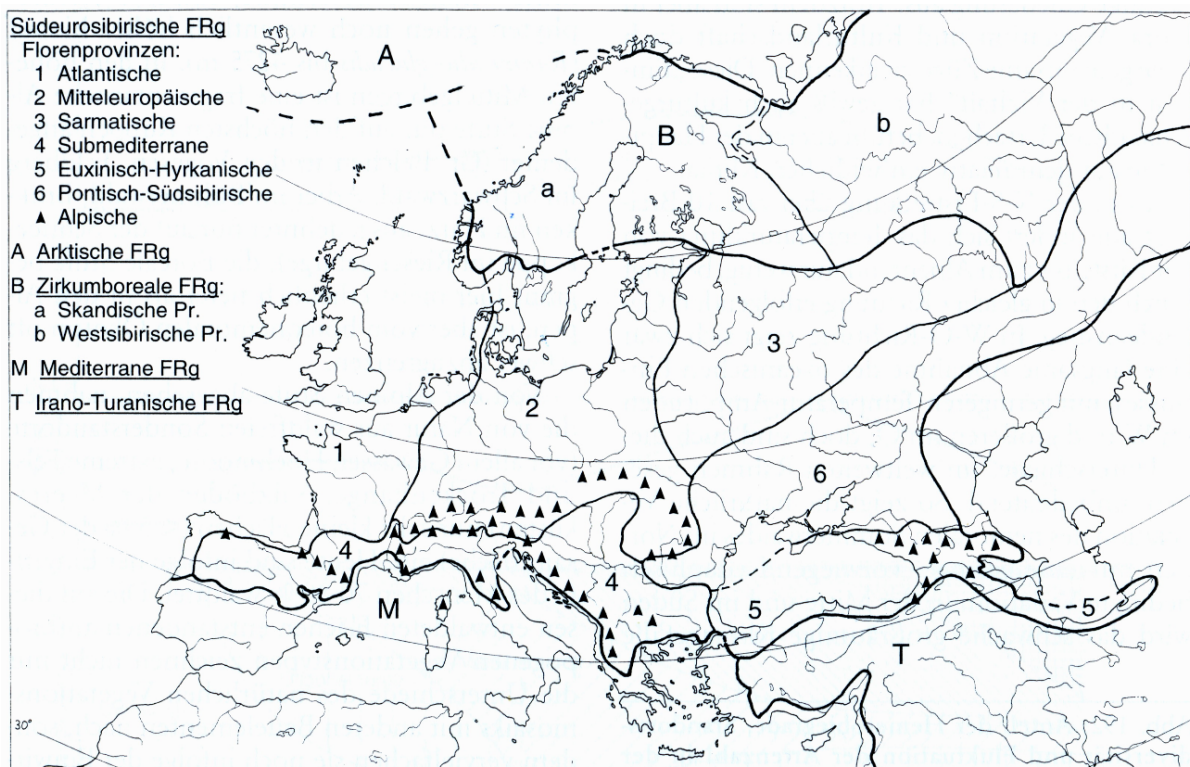


Abbildung A-16: Florenregionen und -provinzen/ Florenelemente Europas aus Schröder (1998) (Gliederung nach Walter etc. 1970, Zohary 1973 u.a.)

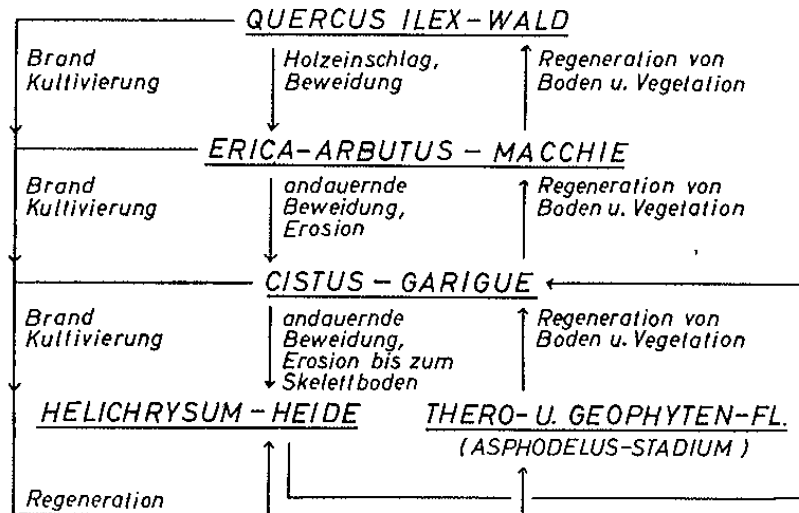


Abbildung A-17: Schema der regressiven und sekundär progressiven Sukzession im Bereich des mediterranen Steineichenwaldes auf Korsika, nach Burrichter in Dierschke (1994: 448)

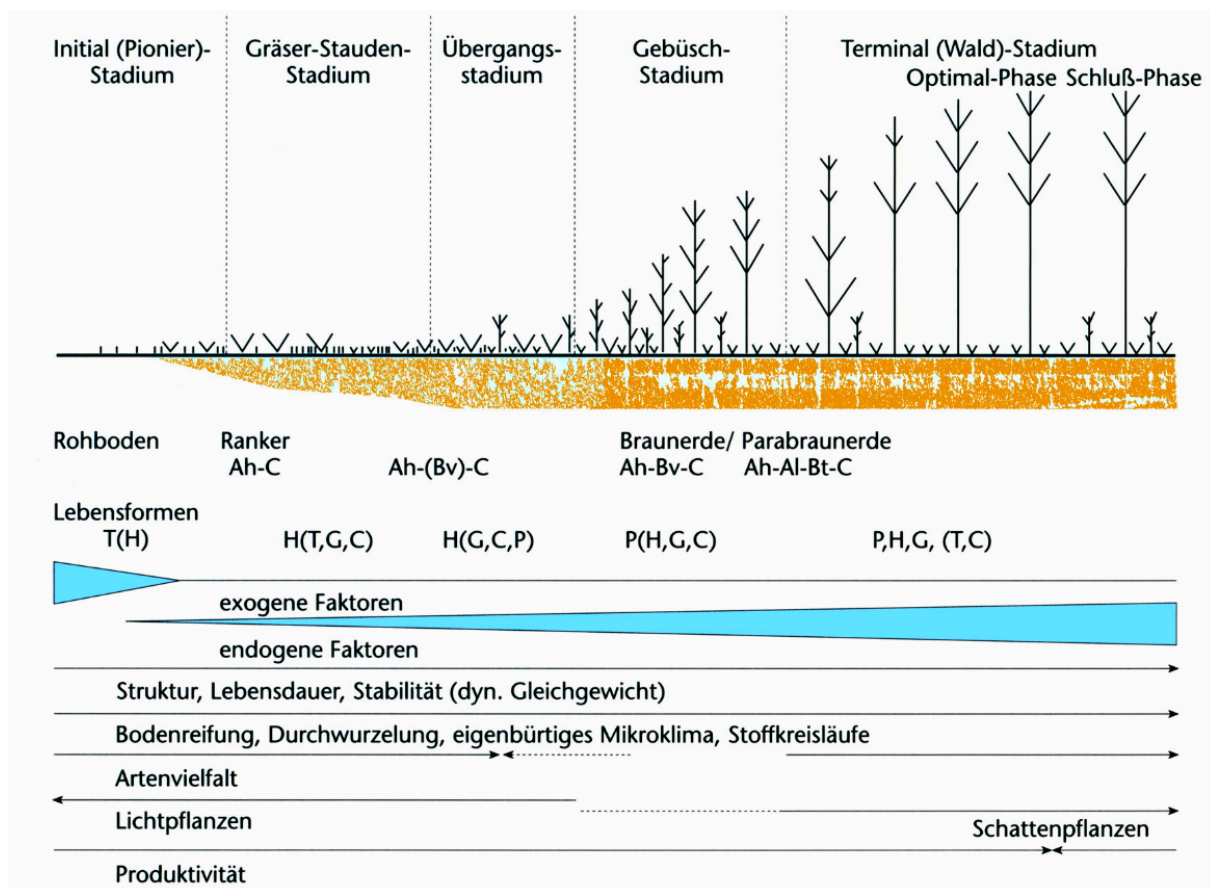


Abbildung A-18: Grundzüge des Ablaufs von Primärsukzession (auf silikatischem Ausgangsmaterial und bei subatlantischem Klima), aus Dierschke (1994: 449)

GEOSIGMETUM

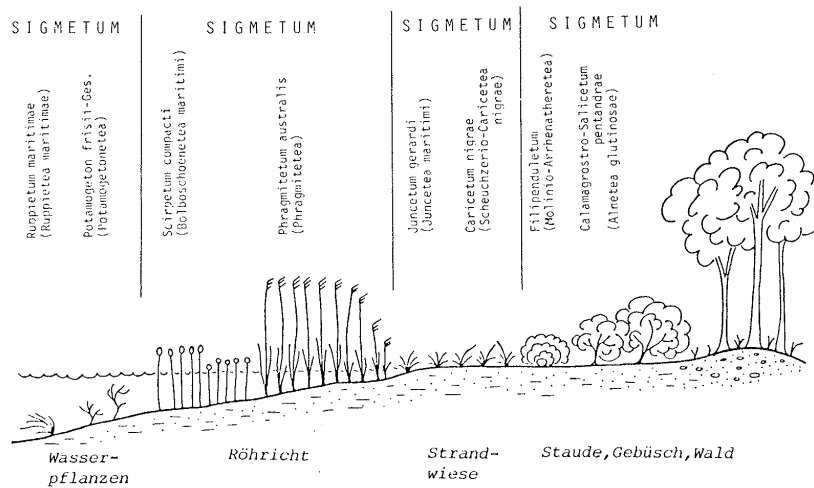


Abbildung A-19: Geosigmatum aus vier Sigmata an der Ostseeküste, nach Thannheiser 1986 aus Dierschke (1994: 523)

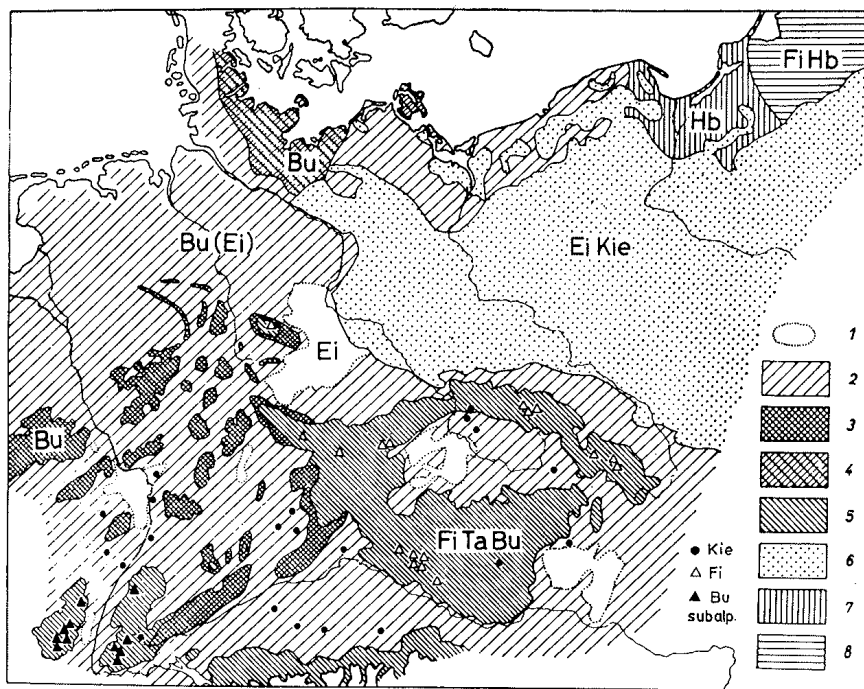


Abbildung A-20: Grobe Verteilung natürlicher Wälder in Mitteleuropa vor Beginn der historischen Zeit nach pollenanalytischen Daten, nach Firbas in Ellenberg (1978) aus Dierschke (1994: 490)

- 1: Eichenmischwälder in Trockengebieten; 2: Buchen-Eichenwälder tieferer Lagen, 3: montane Buchenwälder, 4: Jungmoränen-Buchenwälder, 5: Tannen-Buchenwälder höherer Berglagen, 6: Kiefernwälder mit Eiche; 7: Hainbuchen-Mischwälder, 8: Hainbuchen-Fichten-Mischwälder

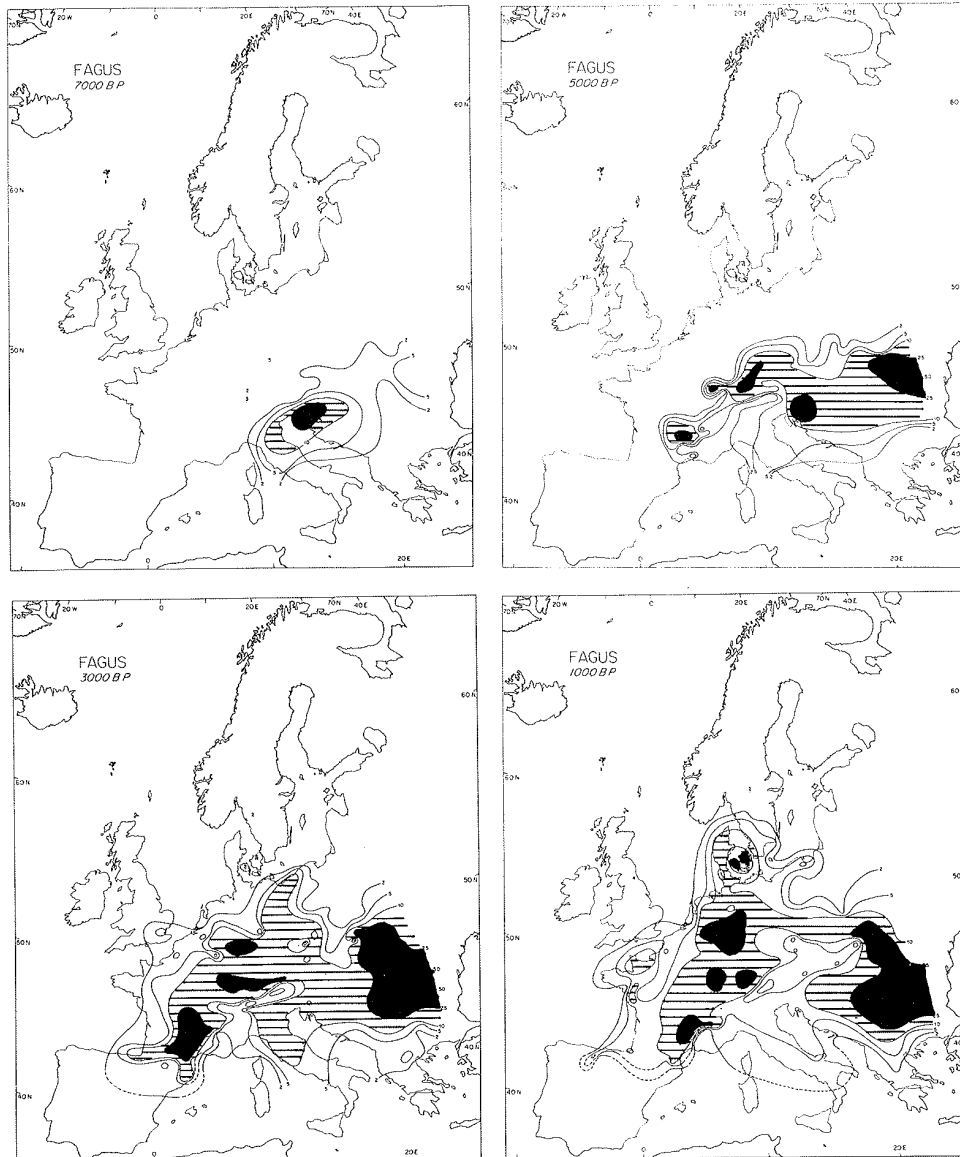


Abbildung A-21: Isopollenkarte zur nacheiszeitlichen Ausbreitung von *Fagus sylvatica*, nach Huntley und Birks (1983) aus Dierschke (1994: 489) (Isolinien zeigen Prozentanteile der Buchenpollen in entsprechenden Pollenspektren. Schwarze Bereiche = über 25% Anteil, schraffiert = über 10% Anteil)

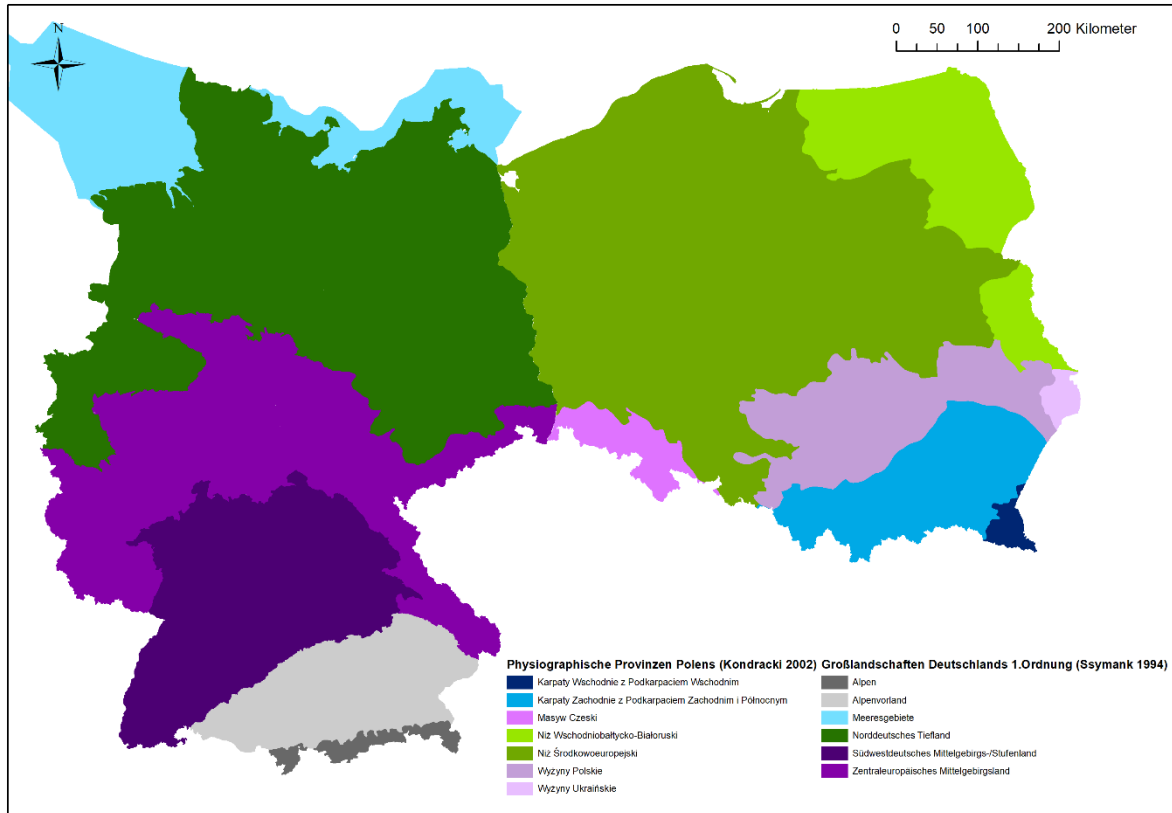


Abbildung A-22: Physiographische Provinzen Polens und Großlandschaften Deutschlands zur Verdeutlichung des mitteleuropäischen Tieflandes, nach Ssymank (1994) und Kondracki (2002)

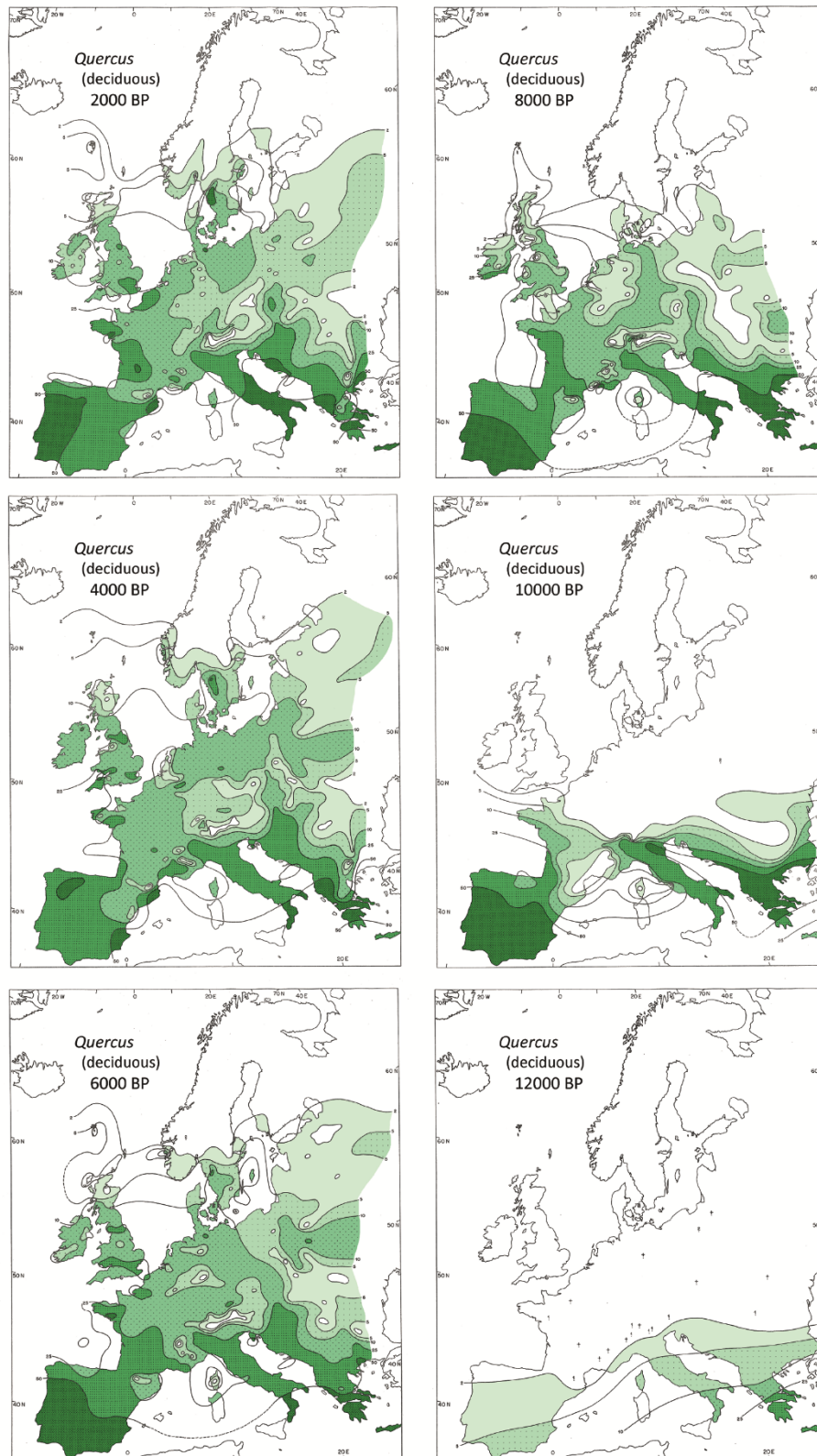


Abbildung A-23: Isopollenkarte von *Quercus*-Arten von 12.000 bis 2.000 Jahre vor Heute (Berks und Timmer, 2016)

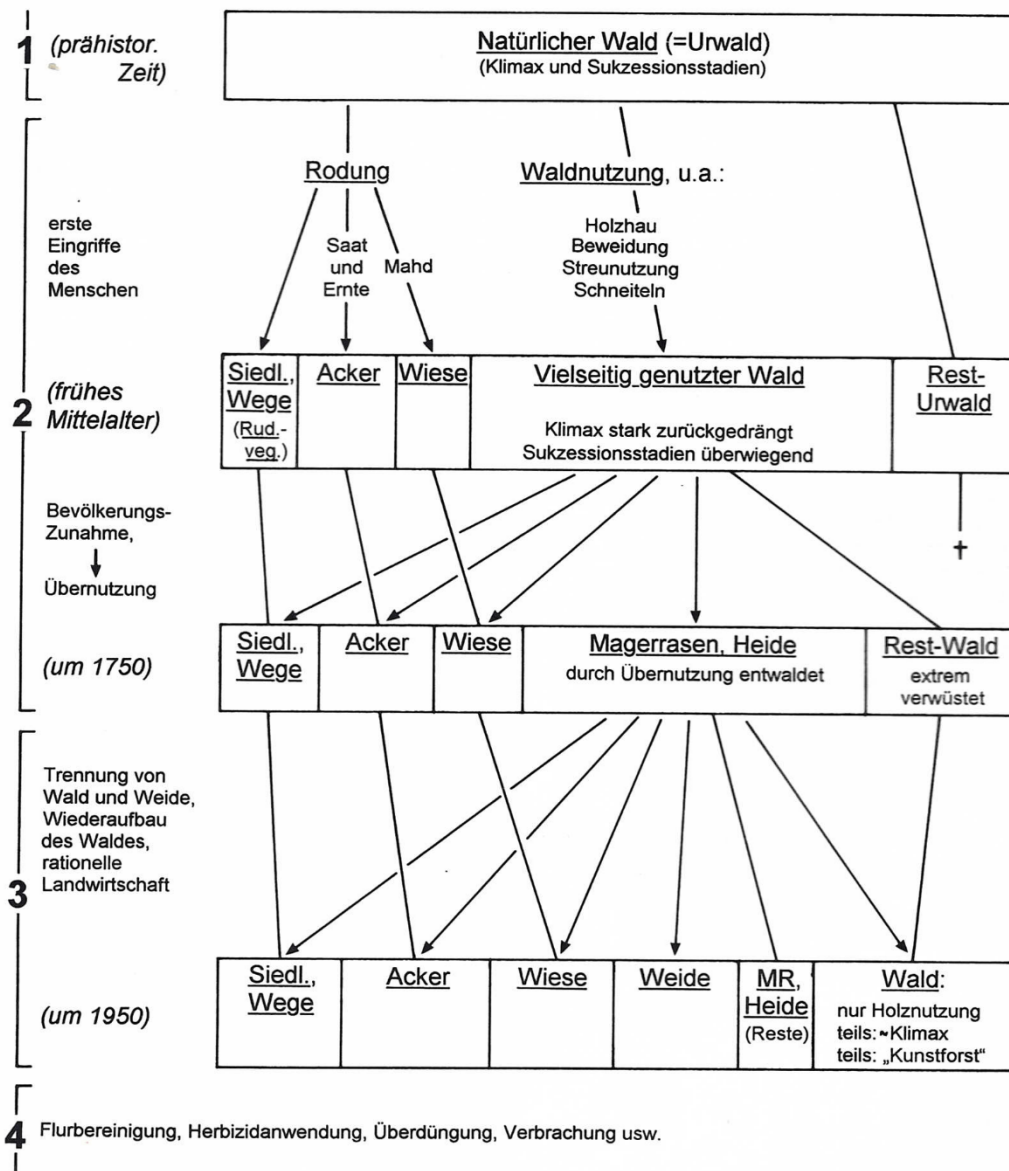


Abbildung A-24: Veränderung der Vegetationsdecke Mitteleuropas durch den Menschen, aus Schroeder (1998: 401)

Hemerobiegrad	Menschlicher Einfluß	Pflanzendecke	
0 Ahemerob	fehlend	natürlich	Natürliche Vegetation
1 Oligohemerob	schwach, episodisch	nur quantitativ verändert (z. B. erhöhter Anteil von Nichtklimaxstadien der natürlichen zyklischen Sukzession)	
2 Mesohemerob	stärker, – entweder: regelmäßig, indirekt – oder: episodisch, direkt	„Halbkulturgesellschaften“ – z. B. Magerrasen (Wiesen, Weiden), Heiden – z. B. Nadelholzforsten im natürlichen Laubholzgebiet	Anthropogene Vegetation
3 Euhemerob	stark, regelmäßig, direkt – Aussaat, Düngung, Ernte – mehrfache Mahd, Düngung – intensive Beweidung	„Vollkulturgesellschaften“ – Äcker – rationell genutzte Wiesen – rationell genutzte Weiden	
4 Polyhemerob	sehr stark und permanent – Ruderalisierung – überhöhte Düngung, Herbizidanwendung	– Ruderalgesellschaften – Kulturpflanzen-Reinbestände	
5 Metahemerob	total und letal (Boden versiegelt/vergiftet)	fehlend	Anthropogene Wüste

Abbildung A-25: Hemerobiegrade, aus Schroeder (1998: 69)

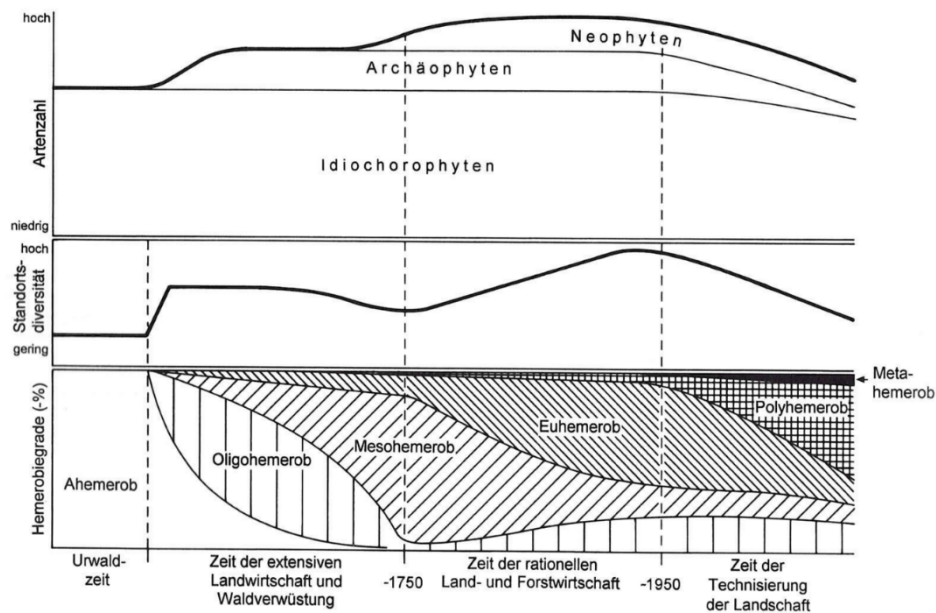


Abbildung A-26: Veränderung der Hemerobiegrade, Standortdiversität und Idiochore in Mitteleuropa; aus Schroeder (1998: 406)

The Fortified Cultural Heritage of Central Europe

Fortresses, Fortress Systems, fortified Cities and Monuments with fortified Elements, was build or added between the 5th and 20th Century, influenced from sunken Empires

There is no requirement of completeness in the present research of ECCOFORT.



Abbildung A-27: auszugsweise Darstellung verschiedener Festungsanlagen in Mitteleuropa, Bearbeitungsstand Mai 2013 (ECCOFORT, 2013)

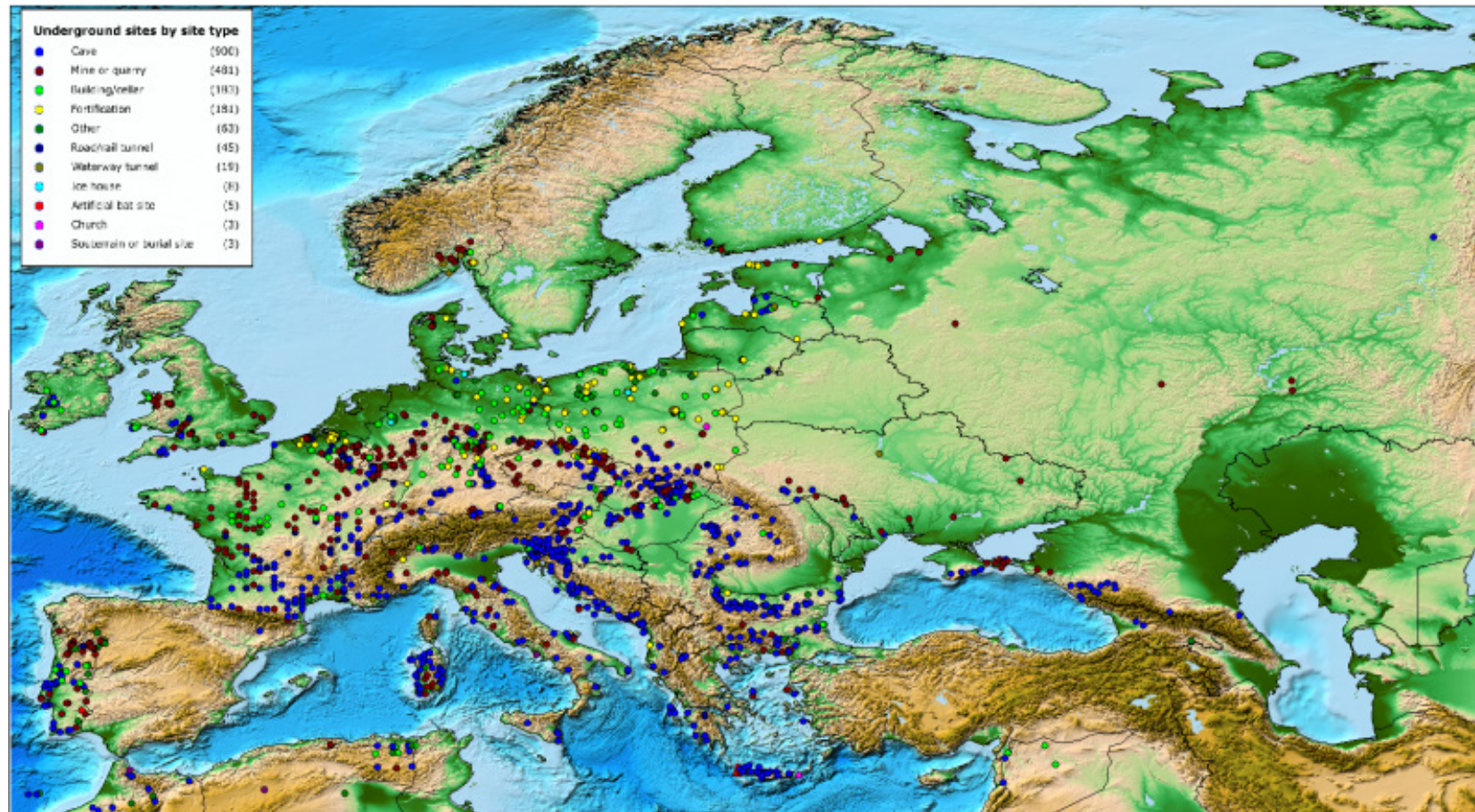


Abbildung A-28: Übersicht von bekannten unterirdischen Fledermausquartieren mit Stand 2014
 (https://www.eurobats.org/sites/default/files/images/Pics_website/BatMap%202016-02.PNG)

Anhang B Quellennachweise Datensätze, Skripte u.a. zu Material und Methoden

Anmerkung

Bei Internetquellen von Luftbildaufnahmen und Orthofotos ist das erstmalige Veröffentlichungsdatum (Jahr d.V.), sofern dies nicht vom Herausgeber explizit angegeben wurde, nicht immer zweifelsfrei zu klären oder zu erfahren. Dies betrifft u.a. Google earth Luftbildaufnahmen. Es ist hier deshalb auch jeweils immer das erfahrbare Aufnahmedatum angegeben.

Im Geoportal Polens (<http://mapy.geoportal.gov.pl>) sind die Quellen als WSS o.ä. Dienste extern nutzbar und als direkte links für die Einbindung in GIS-system angegeben und können daher explizit zitiert werden. Zum Stand der Bearbeitung Frühjahr 2019 waren alle links nutzbar.

Zum Stand der Bearbeitung waren nicht alle geoportal-Dienste Litauens (www.geoportal.lt) mit solchen Diensten ansprechbar. Unter anderem sind auch Nutzungsentgelte zu zahlen und WMS Dienstadressen sind personalisiert. Deshalb muß für das litauische Geoportal teilweise auf die web-Adresse des Hauptportals verwiesen werden. In diesem läuft eine eigene webGIS Oberfläche, bei der die Datensätze ansehbar sind (view service).

Letzter Zugriff als Check auf obige Quellen war der 30. September 2019.

Tabelle B-1: Übersicht über verwendete GIS Quellen gesichteter ökologischer Schutzgebiete Deutschlands und Polens (Stand 10.03.2019) (Zu litauischen Datensätzen siehe Tabelle B-6)

Herausgeber/ Autor	Jahr d.V.	Bezeichnung	Quelle	Typ
Europäische Kommission	2019	Natura 2000 data and maps	https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/natura-10	Shape-file
Director Ochrony Środowiska	2018	centralny rejestr Ochrony Środowiska	http://sdi.gdos.gov.pl/wfs	WFS Dienst
Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt	2014	Biotoptypen Umweltatlas Berlin	https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/wfs/data/senstadt/s_fb_berlinbtk	WFS Dienst
Landesamt für Umwelt Brandenburg	2019	Biotopkataster in Brandenburg	https://inspire.brandenburg.de/service/s/bbk_wfs?	WFS Dienst

Tabelle B-2: Übersicht verwendete LiDAR bzw. DEM-Datensätze (Stand 10.03.2019)

Herausgeber/ Autor	Jahr	Bezeichnung	Quelle	Typ
Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt	2018	Geoportal Berlin / ATKIS-DGM Berlin	https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/feed/senstadt/a_dgm	ATOM feed; 1x1m Raster
Centralny Ośrodek Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej	2012	ISOK-CIEN Polska	http://mapy.geoportal.gov.pl/wss/service/WMTS/guest/wmts/ISOK_CIEN?	WMTS Dienst; 1x1m Raster
Nacionalinė žemės tarnyba prie Žemės ūkio ministerijos (NŽT)	2018	LiDAR Kaunas (NŽT, 2018)	Pers. Kommunikation, Antanas Dumbrasukas, Institute of Water Resources Engineering, Aleksandras Stulginskis University, antanas.dumbrasukas@asu.lt	1x1m LiDAR ground data

Tabelle B-3: Zusammenstellung ausgewerteter Luftbildaufnahmen Fort Hahneberg (D) (unb. = unbekanntes Veröffentlichungsjahr, n.n.v. = noch nicht veröffentlicht) (Stand 10. März 2019)

Herausgeber/ Autor	Jahr d. V.	Bezeichnung	Quelle	Typ
Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt	unb.	Geoportal Berlin / Luftbilder 1928 Berlin Maßstab 1:4000	https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/feed/senstadt/a_luftbild1928	ATOM feed
s.o.	unb.	Geoportal Berlin / Luftbilder 1953 Berlin Maßstab 1:22000	https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/wms/senstadt/k_luftbild1953	WMS Dienst
s.o.	n.n.v.	Geoportal Berlin / Luftbilder 1990 (SW)	Pers. Komm. Frau Rust	Raster
s.o.	n.n.v.	Geoportal Berlin / Luftbilder 1990 (DOP20CIR)	Pers. Komm. Frau Rust	Raster
s.o.	n.n.v.	Geoportal Berlin / Luftbilder 1995 (DOP10CIR), Maßstab 1:5 000	Pers. Komm. Frau Rust	Raster
s.o.	2018	Geoportal Berlin / Digitale farbige Orthophotos 2004 (DOP25RGB)	https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/feed/senstadt/a_luftbild2004	ATOM feed
s.o.	2015	Geoportal Berlin / Digitale Color-Infrarot- Orthophotos 2015 (DOP20CIR) - Sommerbefliegung	https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/feed/senstadt/a_luftbild2015_cir	ATOM feed
s.o.	2016	Geoportal Berlin / Digitale Color-Infrarot- Orthophotos 2016 (DOP20CIR)	https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/feed/senstadt/a_luftbild2016_cir	ATOM feed
s.o.	2018	Geoportal Berlin / Digitale farbige Orthophotos 2018 (DOP20RGB)	https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/feed/senstadt/a_luftbild2018_rgb	ATOM feed

Tabelle B-4: Übersicht über verwendete Luftbildaufnahmen am Standort Fort Sarbinowo (PL)

Herausgeber	Jahr d. V.	Aufnahmedatum	Bezeichnung	Quelle
Google earth	unb.	3. September 2004	Image © 2019 Digital Globe	Google earth
Google earth	unb.	10. April 2018	Image © 2019 Digital Globe	Google earth

Tabelle B-5: Übersicht über verwendete Luftbilddaufnahmen am Standort Fort IV und Fort V Kaunas (LT)

Herausgeber	Jahr d.V.	Aufnahmedatum	Bezeichnung	Quelle
GIS centras	2016	1944	hist. Orthofoto von 1944	geoportal.lt
Google earth	unb.	30. Juli 2004	Image © 2019 Digital Globe	Google earth
Google earth	unb.	5. September 2011	Image © 2019 Digital Globe	Google earth
Google earth	unb.	15. September 2014	Image © 2019 Digital Globe	Google earth
Google earth	unb.	29. Juni 2016	Image © 2019 Maxar Technologies (IV + V) Image © 2019 Digital Globe (IV)	Google earth
Google earth	unb.	6. September 2018	Image © 2019 Digital Globe	Google earth

Tabelle B-6: Zusammenstellung und Übersicht verwendeter Datensätze des litauischen Geoinformationsportals geoportal.lt (Stand 20. Juli.2019)

Autor	Jahr d.V.	Öffentlicher Datensatzname auf geoportal.lt	Ggf. spezieller Datensatz	Datentyp
Nacionalinė žemės tarnyba prie Žemės ūkio ministerijos	2011	WMS. The National atlas of the Republic of Lithuania in digital format. Geomorphological map		view service
Nacionalinė žemės tarnyba prie Žemės ūkio ministerijos	2013	WMS. Map of The National Atlas of Lithuania - Rare invertebrates		view service
Nacionalinė žemės tarnyba prie Žemės ūkio ministerijos	2013	WMS. Map of The National Atlas of Lithuania - Bioecological network		view service
Lietuvos geologijos tarnyba prie Aplinkos ministerijos	2014	WMS. Lithuanian geomorphological map M 1:200 000		view service
Lietuvos geologijos tarnyba prie Aplinkos ministerijos	2014	WMS. Lithuanian quaternary geological map M 1:200 000		view service
Gamtos tyrimų centro Botanikos institutas	2015	WMS. Natural habitats of EU importance (by the types)	AM-EBSNB_type-WMS-1097	WMS
Valstybinė miškų tarnyba prie Aplinkos ministerijos	2017	WMS. Forest cadastre data	VMT-MKD-WMS-1444	WMS
Valstybinė saugomų teritorijų tarnyba prie Aplinkos ministerijos	2019	WMS. Data of State Cadastre for Protected Areas of Lithuania	STK-WMS-1169	WMS
Kultūros paveldo departamentas prie Kultūros ministerijos	2019	WMS. Cultural heritage register		view service
Valstybinė saugomų teritorijų tarnyba prie Aplinkos ministerijos	2019	WMS. Natura 2000 miškų ūkio veiklos apribojimai	VSTT-Misk_rib-WMS-1032	WMS
Aplinkos apsaugos agentūra prie Aplinkos ministerijos	1998	CORINE LAND COVER 1995	CLC_95-1029	shape file
Aplinkos apsaugos agentūra prie Aplinkos ministerijos	2000	CORINE LAND COVER 2000	CLC_00-1038 CLC_00-1039	shape file
VĮ "GIS-Centras"	unb.	Copernicus Land - Corine land cover 2012	integriert in obige	shape file
VĮ "GIS-Centras"	2018	Copernicus Land - Corine land cover 2018	EAA-CLC18_LT-1023 EAA-CLC18_LT-1024	shape file

Tabelle B-7: Zusammenstellung und Übersicht aus dem nationalen Denkmalsregister Litauens für ausgewählte Forts oder Fortifikationsteile der Festung Kaunas (Stand 20. Juli 2019)

Fort Bzw. Fort Teil	URL
Fort I	http://kvr.kpd.lt/heritage/Pages/KVRDetail.aspx?lang=lt&MC=26350
Fort I Pulverkammer	http://kvr.kpd.lt/heritage/Pages/KVRDetail.aspx?lang=lt&MC=35304
Fort II	http://kvr.kpd.lt/heritage/Pages/KVRDetail.aspx?lang=lt&MC=26351
Fort III	http://kvr.kpd.lt/heritage/Pages/KVRDetail.aspx?lang=lt&MC=26352
Fort IV	http://kvr.kpd.lt/heritage/Pages/KVRDetail.aspx?lang=lt&MC=10708
Fort V	http://kvr.kpd.lt/heritage/Pages/KVRDetail.aspx?lang=lt&MC=26353
Fort V Baracken	http://kvr.kpd.lt/heritage/Pages/KVRDetail.aspx?lang=lt&MC=26359
Fort VI	http://kvr.kpd.lt/heritage/Pages/KVRDetail.aspx?lang=lt&MC=10397
Fort VII	http://kvr.kpd.lt/heritage/Pages/KVRDetail.aspx?lang=lt&MC=10662
Fort VIII	http://kvr.kpd.lt/heritage/Pages/KVRDetail.aspx?lang=lt&MC=26354
Fort IX	http://kvr.kpd.lt/heritage/Pages/KVRDetail.aspx?lang=lt&MC=10452
Marva Fort	http://kvr.kpd.lt/heritage/Pages/KVRDetail.aspx?lang=lt&MC=26356
Romainiu Fortas	http://kvr.kpd.lt/heritage/Pages/KVRDetail.aspx?lang=lt&MC=26358
Linkuva Fortifikation	http://kvr.kpd.lt/heritage/Pages/KVRDetail.aspx?lang=lt&MC=26569
Domeikava Fort	http://kvr.kpd.lt/heritage/Pages/KVRDetail.aspx?lang=lt&MC=26355
Palemono Fort	http://kvr.kpd.lt/heritage/Pages/KVRDetail.aspx?lang=lt&MC=26357
Zentrale Fortifikation rechtes Nemunas Ufer	http://kvr.kpd.lt/heritage/Pages/KVRDetail.aspx?lang=lt&MC=26533
Zentrales Pulvermagazin	http://kvr.kpd.lt/heritage/Pages/KVRDetail.aspx?lang=lt&MC=26587
Zentrale Fortifikation linkes Nemunas Ufer	http://kvr.kpd.lt/heritage/Pages/KVRDetail.aspx?lang=lt&MC=26535
	http://kvr.kpd.lt/heritage/Pages/KVRDetail.aspx?lang=lt&MC=26577
Pakalniškės Fort	http://kvr.kpd.lt/heritage/Pages/KVRDetail.aspx?lang=lt&MC=23731

Tabelle B-8: Übersicht und Bezeichnung der Hauptgruppen der CORINE Landcover Codes (CLC) der Ebene 1

CLC Gruppen der Ebene 1	Bezeichnung (de)	Bezeichnung (lt)	Bezeichnung (en)	Bezeichnung (pl)
1	Bebaute Flächen	Dirbtinės dangos	Artificial surfaces	Tereny antropogeniczne
2	Landwirtschaftliche Flächen	Žemdirbystės teritorija	Agricultural areas	Tereny rolne
3	Wälder und naturnahe Flächen	Mišakai ir kitos gamtinės teritorijos	Forest and semi natural areas	Lasy i ekosystemy seminaturalne
4	Feuchtgebiete	Pelkės	Wetlands	Obszary podmokle
5	Wasserflächen	Vandens telkiniai	Water bodies	Obszary wodne

Tabelle B-9: Übersicht und Bezeichnung der an den Fort Standorten in Kaunas (LT) im 1000m Pufferbereich um die Forts vorkommenden CORINE Klassen der Ebene 3

CLC Code	Bezeichnung (de)	Bezeichnung (lt)	Bezeichnung (en)	Bezeichnung (pl)
112	Nicht durchgängig städtische Prägung	Neištinis užstatymas	discontinuous urban fabric	Zabudowa miejska luźna
121	Industrie und Gewerbeflächen	Pramoniniai ir komerciniai objektai	Industrial or commercial units	Tereny przemysłowe lub handlowe
124	Flughäfen	Oro uostai	airports	Lotniska
133	Baustellen	Statybų plotai	construction sites	Budowy
141	Städtische Grünfläche	Žalieji miestų plotai	Green urban area	Tereny zielone
142	Sport- und Freizeitanlagen	Sporto ir poilsio vietos	Sport and leisure facilities	Tereny sportowe i wypoczynkowe
211	Nicht bewässertes Ackerland	Nedrėkinamos dirbamos žemės	Non-irrigated arable land	Grunty orne poza zasięgiem urządzeń nawadniających
222	Obst- und Beerenobstbestände	Vaismedžių ir uogų plantacijos	Fruit tree and berry plantations	Sady i plantacje
231	Wiesen und Weiden	Ganyklos	Pastures	Łąki, pastwiska
242	Komplexe Parzellenstruktur	Kompleksiniai žemdirbystės plotai	Complex cultivation patterns	Złożone systemy upraw i działek
243	Landwirtschaftlich genutztes Land mit Flächen natürlicher Bodenbedeckung von signifikanter Größe	Dirbamos žemės plotai su natūralios augalijos intarpais	Land principally occupied by agriculture, with significant areas of natural vegetation	Tereny zajęte głównie przez rolnictwo z dużym udziałem roślinności naturalnej
311	Laubwälder	Lapuočių miškai	Broad-leaved forest	Lasy liściaste
313	Mischwald	Mišrus miškas	mixed forest	Lasy mieszane
324	Wald-Strauch-Übergangsstadien	Pereinamosios miškų stadijos ir krūmynai	Transitional woodland/shrub	Lasy i roślinność krzewiasta w stanie zmian
511	Gewässerläufe	Vandens tėkmės	water courses	Cieki
512	Wasserflächen	Vandens telkiniai	water bodies	Zbiorniki wodne

Tabelle B-10: Zusammenstellung verwendeter Sentinel 2A und 2B Aufnahmen

Standort	Datum	Satellit	path	row	tile	Processing level
Hahneberg (D)	03.03.2018	S2A	N0206	R065	T32UQD	MSIL2A
	09.04.2018	S2A	N0207	R022	T32UQD	MSIL2A
	19.04.2018	S2A	N0207	R022	T32UQD	MSIL2A
	08.06.2018	S2A	N0208	R022	T32UQD	MSIL2A
	31.07.2018	S2A	N0208	R065	T32UQD	MSIL2A
Sarbinowo (PL)	04.04.2018	S2B	N0207	R022	T33UVU	MSIL2A
	09.04.2018	S2A	N0207	R022	T33UVU	MSIL2A
	19.04.2018	S2A	N0207	R022	T33UVU	MSIL2A
	09.05.2018	S2A	N0207	R022	T33UVU	MSIL2A
	29.05.2018	S2A	N0208	R022	T33UVU	MSIL2A
	08.06.2018	S2A	N0208	R022	T33UVU	MSIL2A
	03.07.2018	S2B	N0208	R022	T33UVU	MSIL2A
	23.07.2018	S2B	N0208	R022	T33UVU	MSIL2A
	17.08.2018	S2A	N0208	R022	T33UVU	MSIL2A
Kaunas (LT)	28.03.2016	S2A	N0201	R136	T34UFF	MSIL1C
	27.05.2016	S2A	N0202	R136	T34UFF	MSIL1C
	26.06.2016	S2A	N0204	R136	T34UFF	MSIL1C
	26.07.2016	S2A	N0204	R136	T34UFF	MSIL1C
	08.08.2016	S2A	N0204	R036	T34UFF	MSIL1C
	17.10.2016	S2A	N0204	R036	T34UFF	MSIL1C

Tabelle B-11: Zusammenstellung verwendeter Ausschnitte auf Basis der Satellitendaten nach Tabelle B-6 für eine Anwendung von Sen2Res (Brodu, 2017) in SNAP 6.0.0 (Angleichung aller Bänder der S2A bzw. S2B Aufnahmen auf einheitliche 10m Rasterzellengröße) für eine Weiterverarbeitung

Standort	Xmin	Xmax	Ymin	Ymax	Auflösung
Hahneberg	7956	8207	7164	7415	252x252px
Sorbinowo	7626	7877	6852	7103	252x252px
Kaunas Fort IV	8844	9095	1668	1919	252x252px
Kaunas Fort V	9126	9377	1518	1769	252x252px

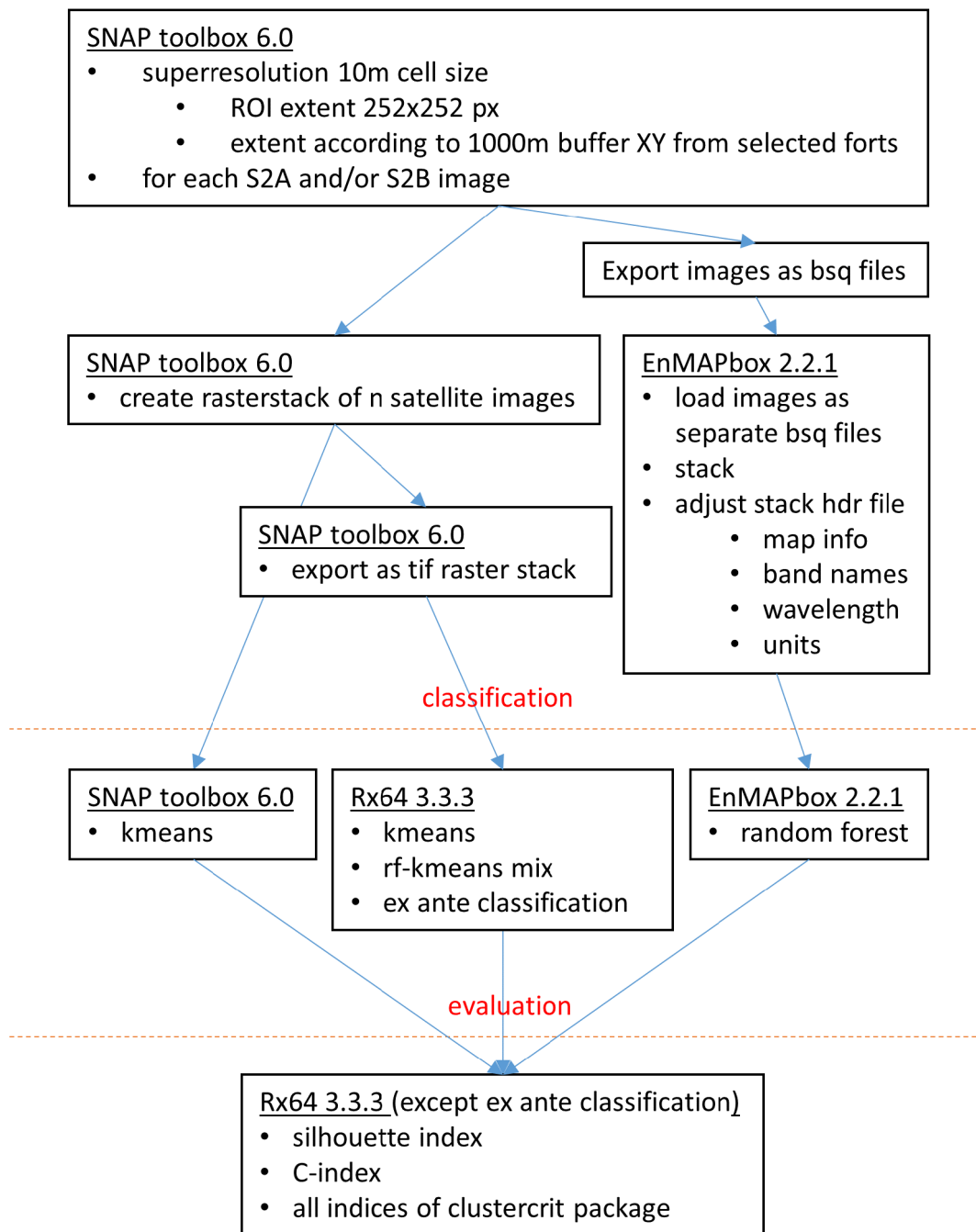


Abbildung B-1: workflow Satellitendatenaufbereitung, Klassifizierungen und Evaluierungen

Tabelle B-12: Übersicht der Rote Liste Kategorien Deutschlands, des IUCN (2019) und Litauens (Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija, 2019)

RL Deutschland	Interpretation
0	ausgestorben oder verschollen
1	vom Aussterben bedroht
2	stark gefährdet
3	gefährdet
G	Gefährdung unbekannten Ausmaßes
R	extrem selten
V	Vorwarnliste
D	Daten unzureichend
*	ungefährdet
♦	nicht bewertet
IUCN Kategorie	
EX	extinct, ausgestorben
EW	extinct in the wild, in der Natur ausgestorben
RE	regional extinct, regional ausgestorben
CR	critically endangered, vom Aussterben bedroht
EN	endangered, stark gefährdet
VU	vulnerable, gefährdet
NT	near threatened, potenziell gefährdet
LC	least concern, nicht gefährdet,
DD	data deficient, Datenlage unklar,
NE	not evaluated, nicht beurteilt,
Rote Liste Litauens	
0(Ex)	išnykusios ir tikėtina išnykusios rūšys, extinct and probably extinct, ausgestorben und vermutlich ausgestorben
1(E)	prie išnykimo ribos, endangered, stark gefährdet,
2(V)	pažeidžiamos, vulnerable, gefährdet,
3(R)	retos rūšys, rare, selten,
4(I)	nenustatyta, indeterminate, Status unbekannt,
5(Rs)	atkurta, restored, wiederhergestellt,

Skript Klimadaten (R x64 3.3.3; R Core Team (2017))

```
library(berryFunctions)
# set source directory
source <- "D:"
# set wd and extract relevant meta data from station
setwd(paste(source, "\\Klimadaten\\World", sep=""))
stationmain <- read.csv(file="stations_list_CLIMAT_data.txt", header = TRUE,
as.is=TRUE, sep=";", dec=".")
# extract data for rain in period from station data
setwd(paste(source, "\\Klimadaten\\World\\precipitation", sep=""))
rainmain <- read.table(file="RR_1961_1990.txt", header = TRUE, as.is=TRUE, sep=";",
dec=".")
# extract data for temperature in period from station data
setwd(paste(source, "\\Klimadaten\\World\\temperature", sep=""))
tempmain <- read.csv(file="temp_1961_1990.txt", header = TRUE, as.is=TRUE, sep=";",
dec=".")
# get number of iterations due to number of stations
n <- length(count.fields(paste(source, "\\Promotion\\R codes\\", "WMOstations.txt",
sep=""), skip = 1))
l <- 1
for (i in 1:n)
{
  setwd(paste(source, "\\Promotion\\R codes", sep=""))
  stationID <- read.table(file="WMOstations.txt", skip=1, nrow=1, as.is=TRUE,
sep=";")
  stationID <- as.numeric(stationID)
  #load meta data from main file according stationID
  station <- subset(stationmain, WMO.StationID == stationID)
  name <- paste(station[1,2], " (", station[1,6], ")", sep="")
  name <- sub("/", "-", name)
  id <- paste("WMO CLIMAT-ID ", station[1,1], sep="")
  coord <- paste (station[1,3], "°N ", station[1,4], "°E ", station[1,5], "m
aSL", sep="")
  timeframe <- "time 1961-1990"
  title <- paste(name, id, coord, timeframe, sep="\n")
  #load rain data from main file according stationID
  rain <- subset(rainmain, Station == stationID)[-1]
  rain <- as.numeric(rain)
  #load temp data from main file according stationID
  temp <- subset(tempmain, Station == stationID)[-1]
  temp <- as.numeric(temp)
  # go to storing wd, print and save graphic in folder with correct title sizes
  setwd(paste(source, "\\Promotion\\Fotos & Abbildungen\\Klimadiagramme", sep=""))
  png(paste(name, ".png", sep=""))
  #climateGraph(temp, rain, main="", ylim = range(-5,40), compress = TRUE, argcomp =
2)
  climateGraph(temp, rain, main="", ylim = range(-5,40))
  mtext(title, side = 3, at = 6.5, line = 0, cex = 1.1, font = 1)
  dev.off()
  climateGraph(temp, rain, main="", ylim = range(-5,40))
  mtext(title, side = 3, at = 6.5, line = 0, cex = 1.1, font = 1)
  l <- l + 1
}
```

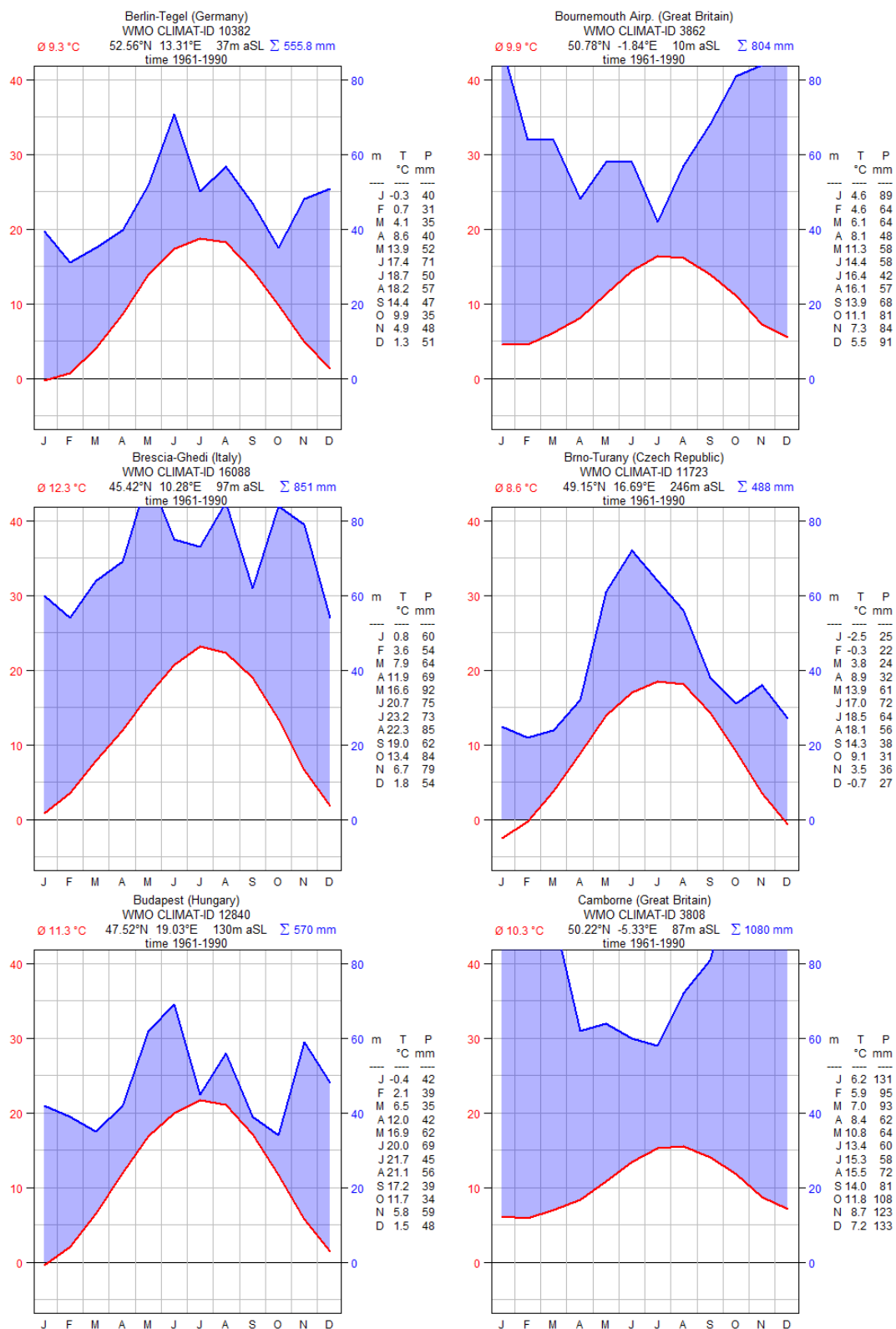



Abbildung B-2: Klimadiagramme der ausgewählten Klimastationen im Zeitraum 1961-1990

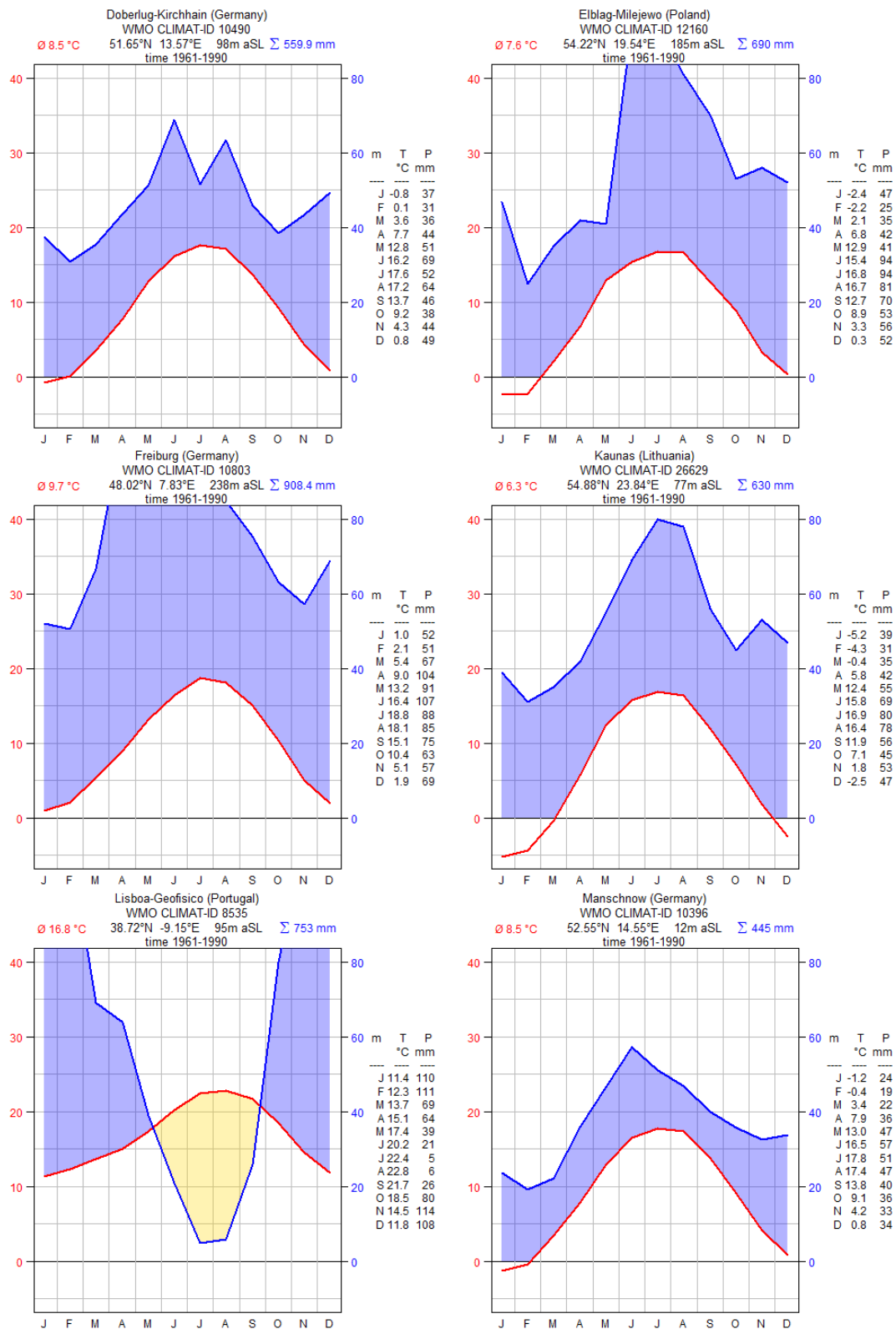


Abbildung B-3: Klimadiagramme der ausgewählten Klimastationen im Zeitraum 1961-1990

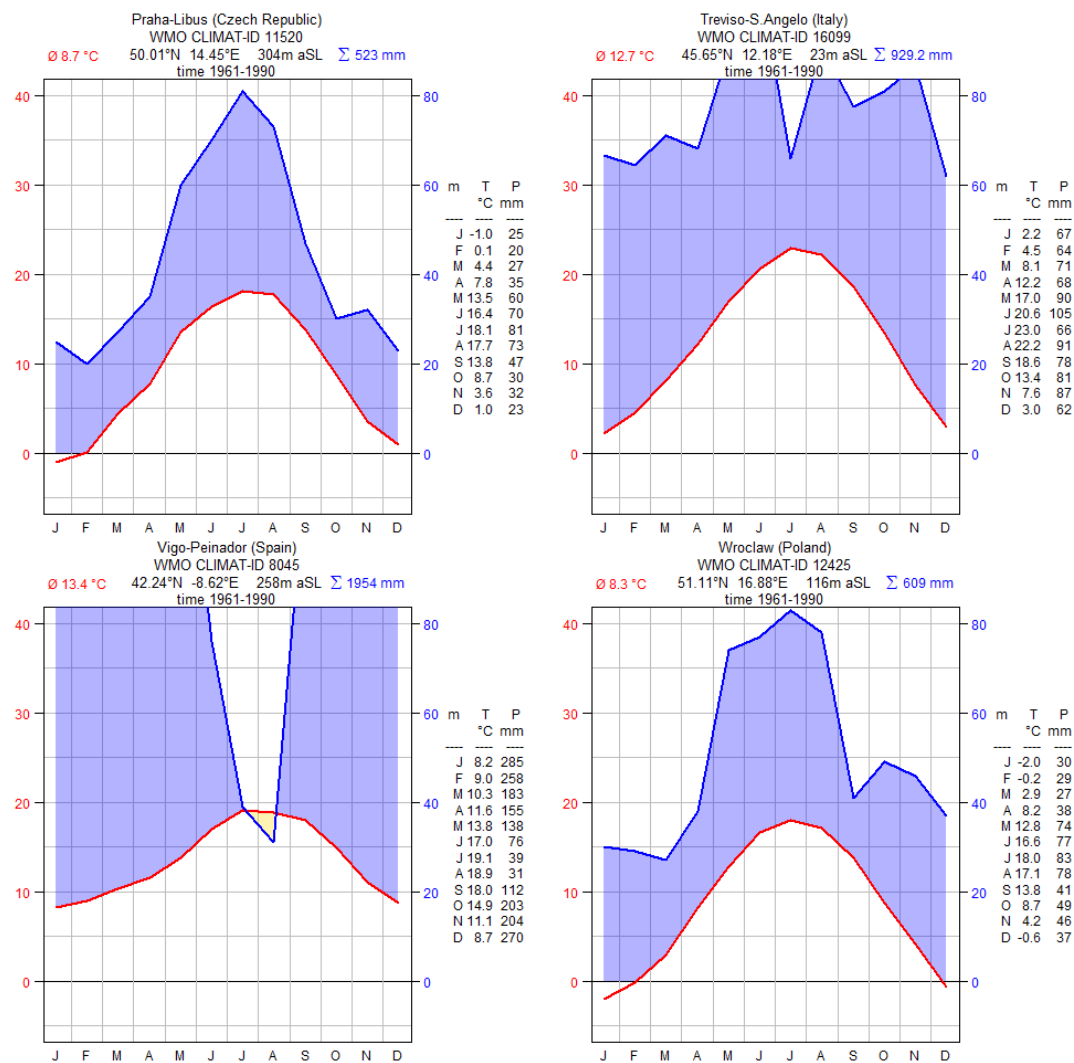


Abbildung B-4: Klimadiagramme der ausgewählten Klimastationen im Zeitraum 1961-1990

Tabelle B-13: Kontinentalitätsindex nach Ellenberg und Leuschner (1998: 259)

Name / Ort	WMO_ID	Kont. Index
Berlin-Tegel (Germany)	10382	33,6
Bournemouth Airp. (Great Britain)	3862	20,4
Brescia-Ghedi (Italy)	16088	27,3
Brno-Turany (Czech Republic)	11723	37,9
Budapest (Hungary)	12840	38,1
Camborne (Great Britain)	3808	14,2
Doberlug-Kirchhain (Germany)	10490	31,4
Elblag-Milejewo (Poland)	12160	24,3
Freiburg (Germany)	10803	20,7
Kaunas (Lithuania)	26629	26,8
Lisboa-Geofisico (Portugal)	8535	29,7
Manschnow (Germany)	10396	40,0
Praha-Libus (Czech Republic)	11520	34,6
Treviso-S. Angelo (Italy)	16099	24,8
Vigo-Peinador (Spain)	8045	9,8
Wrocław (Poland)	12425	29,6

Quellcodedokumentation Clusteringalgorithmen (Rx64 3.3.3; R Core Team (2017))

```
##### libs
library(raster)
library(cluster)
library(randomForest)

setwd("<workingdirectory>")
# load satellitestack, example Kaunas IV
image <- stack("20160328_20160527_20160626_20160808_20161017.tif")

# replace NA values if relevant
v <- getValues(image)
i <- which(!is.na(v))
v <- na.omit(v)

setwd("<set output directory>")
#clusters <- 3

for (j in 3:10) # loop for 3 to 10 clusters
{
  ## kmeans clustering default "Hartigan and Wong (1979)"
  E <- kmeans(v, j, iter.max = 30, nstart = 10) # iter.max = SNAP-default, change
  nstart > 1 (start with 2) if Anzahl Schritte in der Quick-TRANSFER Stufe
  überschreitet Maximum (= 3175200)
  if (E$ifault==4) { stop("Failed in Quick-Transfer"); } # ibid

  kmeans_raster <- raster(image)
  kmeans_raster[i] <- E$cluster
  plot(kmeans_raster)
  writeRaster(kmeans_raster, filename=paste ("kmeans_R_", j, ".tif", sep=""),
  format="GTiff", overwrite=TRUE)

  #method uses a random Forest model to calculate proximity values. These values were
  clustered using k-means. The clusters are used to train another random Forest model
  for classification.
  ## unsupervised randomForest classification using kmeans according to Dahms(2016),
  http://remote-sensing.eu/unsupervised-classification-with-r/
  vx<-v[sample(nrow(v), 500),]
  rf = randomForest(vx)
  rf_prox <- randomForest(vx,ntree = 1000, proximity = TRUE)$proximity

  E_rf <- kmeans(rf_prox, j, iter.max = 30, nstart = 10) #iter = SNAP
  rf <- randomForest(vx,as.factor(E_rf$cluster),ntree = 500)
  rf_raster<- predict(image,rf)
  plot(rf_raster)
  writeRaster(rf_raster, filename=paste("rf_R_",j, ".tif",sep=""), format="GTiff",
  overwrite=TRUE)
}
```

Quellcodedokumentation Bewertung Klassifikationsalgorithmen – basic script „Silhouette-Index“ (Rx64 3.3.3; R Core Team (2017))

```
##### libs
library(cluster)
library(raster)
library(clusterCrit)
##### clear mem
gc()
##### define storing dir for csv and pngs
place <- "Kaunas Fort IV" # relevant for storing results in csv and pngs, change if
relevant
# storedir for silhouette performance outputs
store_dir <- "<storing directory>"
source_dir <- "<source directory>"
##### define source for original stacks
setwd(paste(source_dir, "../Kaunas/Fort IV/", sep=""))
rst <- brick("20160328_20160527_20160626_20160808_20161017.tif")
# Extract all values from the raster into a data frame
rstDF <- values(rst)
##### define df for storing silhouette indices
clustPerfSI <- data.frame(nClust = 2:10,
SI_KM_SNAP = NA, # SI values for SNAP kmeans clustering
SI_KM_R_30 = NA, # SI values for R kmeans clustering 30 iterations
SI_KM_R_100 = NA, # SI values for R kmeans clustering 100 iterations
SI_RF_R_30 = NA, # SI values for R unsupervised rf-kmeans clustering 30 iterations
SI_RF_R_100 = NA) # SI values for R unsupervised rf-kmeans clustering 100
iterations
##### stack different clustering results from previous
calculations into a brick/stack
setwd(paste(source_dir, "/ Kaunas/Fort IV/outputs/classification SNAP", sep=""))
KM_SNAP <-
  stack("20160328_20160527_20160626_20160808_20161017_kmeans2.tif", "20160328_201
60527_20160626_20160808_20161017_kmeans3.tif", "20160328_20160527_20160626_201
60808_20161017_kmeans4.tif", "20160328_20160527_20160626_20160808_20161017_kmean
s5.tif", "20160328_20160527_20160626_20160808_20161017_kmeans6.tif", "20160328_2
0160527_20160626_20160808_20161017_kmeans7.tif", "20160328_20160527_20160626_20
160808_20161017_kmeans8.tif", "20160328_20160527_20160626_20160808_20161017_kmea
ns9.tif", "20160328_20160527_20160626_20160808_20161017_kmeans10.tif")
#####
setwd(paste(source_dir, "/Kaunas/Fort IV/outputs/classification R", sep=""))
KM_R_30 <-
  stack("kmeans_R_2.tif", "kmeans_R_3.tif", "kmeans_R_4.tif", "kmeans_R_5.tif", "kmea
ns_R_6.tif", "kmeans_R_7.tif", "kmeans_R_8.tif", "kmeans_R_9.tif", "kmeans_R_10.t
if")
KM_R_100 <-
  stack("kmeans_R_100_iterations_2.tif", "kmeans_R_100_iterations_3.tif", "kmeans_
R_100_iterations_4.tif", "kmeans_R_100_iterations_5.tif", "kmeans_R_100_iteration
s_6.tif", "kmeans_R_100_iterations_7.tif", "kmeans_R_100_iterations_8.tif", "kmea
ns_R_100_iterations_9.tif", "kmeans_R_100_iterations_10.tif")
#####
RF_R_30 <-
  stack("rf_R_2.tif", "rf_R_3.tif", "rf_R_4.tif", "rf_R_5.tif", "rf_R_6.tif", "rf_R_7
.tif", "rf_R_8.tif", "rf_R_9.tif", "rf_R_10.tif")
RF_R_100 <-
  stack("rf_R_100_iterations_2.tif", "rf_R_100_iterations_3.tif", "rf_R_100_iterat
ions_4.tif", "rf_R_100_iterations_5.tif", "rf_R_100_iterations_6.tif", "rf_R_100_
iterations_7.tif", "rf_R_100_iterations_8.tif", "rf_R_100_iterations_9.tif", "rf_
R_100_iterations_10.tif")
#####
#setwd(paste(source_dir, "/Satellite analysis/Hahneberg/outputs/classification
ENMAPBOX", sep=""))
#RF_ENMAP <- stack("rf_image_clusters-3.tif", "rf_image_clusters-
#4.tif", "rf_image_clusters-5.tif", "rf_image_clusters-6.tif")
##### data adjustment
KM_SNAP[KM_SNAP==255] <- NA
for (i in 10:1){ KM_SNAP[KM_SNAP==i-1] <- i }
```

```
##### sample size definition and other vectors
#define sample size for startified
sample_array <- c(10,100,500,1000,2000,5000)
##### start loop according to sample array
for (samples in sample_array){
##### start silhouette for each clustering stack,
inspired by https://www.r-exercises.com/2018/02/28/advanced-techniques-with-raster-
data-part-1-unsupervised-classification/ (last access 20.02.2019)
for(i in 1:nlayers(KM_SNAP)){ # Iterate through each layer
  sample_KM_SNAP <- sampleStratified(KM_SNAP[[i]], size = samples) # select
numbers of exemplary cells
  exemplary_KM_SNAP <- rstDF[sample_KM_SNAP[,1], ] # read cell values from
original df according to random sampled cells from classification and writes them
  #exemplary_KM_SNAP[] <- sapply(exemplary_KM_SNAP, as.numeric)
  classified_KM_SNAP <- intCriteria(traj = exemplary_KM_SNAP, part =
as.integer(sample_KM_SNAP[,2]), crit = "Silhouette")
  clustPerfSI[i, "SI_KM_SNAP"] <- classified_KM_SNAP[[1]][1]
}
warnings()
#####
for(i in 1:nlayers(KM_R_30)){ # Iterate through each layer
  sample_KM_R_30 <- sampleStratified(KM_R_30[[i]], size = samples) # select
numbers of exemplary cells
  exemplary_KM_R_30 <- rstDF[sample_KM_R_30[,1], ] # read cell values from
original df according to random sampled cells from classification and writes them
  #exemplary_KM_R_30[] <- sapply(exemplary_KM_R_30, as.numeric)
  classified_KM_R_30 <- intCriteria(traj = exemplary_KM_R_30, part =
as.integer(sample_KM_R_30[,2]),crit = "Silhouette")
  clustPerfSI[i, "SI_KM_R_30"] <- classified_KM_R_30[[1]][1]
}
warnings()
#####
for(i in 1:nlayers(KM_R_100)){ # Iterate through each layer
  sample_KM_R_100 <- sampleStratified(KM_R_100[[i]], size = samples) # select
numbers of exemplary cells
  exemplary_KM_R_100 <- rstDF[sample_KM_R_100[,1], ] # read cell values from
original df according to random sampled cells from classification and writes them
  #exemplary_KM_R_100[] <- sapply(exemplary_KM_R_100, as.numeric)
  classified_KM_R_100 <- intCriteria(traj = exemplary_KM_R_100,part =
as.integer(sample_KM_R_100[,2]),crit = "Silhouette")
  clustPerfSI[i, "SI_KM_R_100"] <- classified_KM_R_100[[1]][1]
}
warnings()
#####
for(i in 1:nlayers(RF_R_30)){ # Iterate through each layer
  sample_RF_R_30 <- sampleStratified(RF_R_30[[i]], size = samples) # select
numbers of exemplary cells
  exemplary_RF_R_30 <- rstDF[sample_RF_R_30[,1], ] # read cell values from
original df according to random sampled cells from classification and writes them
  #exemplary_RF_R_30[] <- sapply(exemplary_RF_R_30, as.numeric)
  classified_RF_R_30 <- intCriteria(traj = exemplary_RF_R_30,part =
as.integer(sample_RF_R_30[,2]),crit = "Silhouette")
  clustPerfSI[i, "SI_RF_R_30"] <- classified_RF_R_30[[1]][1]
}
warnings()
#####
for(i in 1:nlayers(RF_R_100)){ # Iterate through each layer
  sample_RF_R_100 <- sampleStratified(RF_R_100[[i]], size = samples) # select
numbers of exemplary cells
  exemplary_RF_R_100 <- rstDF[sample_RF_R_100[,1], ] # read cell values from
original df according to random sampled cells from classification and writes them
  #exemplary_RF_R_100[] <- sapply(exemplary_RF_R_100, as.numeric)
  classified_RF_R_100 <- intCriteria(traj = exemplary_RF_R_100,part =
as.integer(sample_RF_R_100[,2]),crit = "Silhouette")
  clustPerfSI[i, "SI_RF_R_100"] <- classified_RF_R_100[[1]][1]
}
warnings()
#####
#for(i in 1:nlayers(RF_ENMAP)){ # Iterate through each layer
```

```

#       sample_RF_ENMAP <- sampleStratified(RF_ENMAP[[i]], size = samples) # select
numbers of exemplary cells
#       exemplary_RF_ENMAP <- rstDF[sample_RF_ENMAP[,1], ] # read cell values from
original df according to random sampled cells from classification and writes them
#       #exemplary_RF_ENMAP[] <- sapply(exemplary_RF_ENMAP, as.numeric)
#       classified_RF_ENMAP <- intCriteria(traj = exemplary_RF_ENMAP, part =
as.integer(sample_RF_ENMAP[,2]), crit = "Silhouette")
#       clustPerfSI[i, "SI_RF_ENMAP"] <- classified_RF_ENMAP[[1]][1]
#       }
#warnings()
##### save csv and print/save plot
write.csv2(clustPerfSI,
paste(store_dir,place,"_silhouette_perf_30_and_100_iterations_samples_",samples,".c
sv",sep=""))
png(paste(store_dir,place,"_silhouette_perf_30_and_100_iterations_samples_",samples
,".png", sep=""), units="cm", width=20, height=20, res=300)
plot(clustPerfSI[,1], clustPerfSI[,2],
      type = "n", ylim = c(0,0.4),
      ylab="Silhouette Index", xlab="# of clusters",
      main=paste (place,"\n Silhouette index by # of clusters \n",samples, "samples
from clusters"))
# Plot Avg Silhouette values across # of clusters for K-means in SNAP
lines(clustPerfSI[,1], clustPerfSI[,2], col="red")
# Plot Avg Silhouette values across # of clusters for K-means in R
lines(clustPerfSI[,1], clustPerfSI[,3], col="blue", lty =1)
# Plot Avg Silhouette values across # of clusters for K-means in R
lines(clustPerfSI[,1], clustPerfSI[,4], col="blue", lty = 2)
# Plot Avg Silhouette values across # of clusters for rf-K-means in R
lines(clustPerfSI[,1], clustPerfSI[,5], col="black", lty =1)
# Plot Avg Silhouette values across # of clusters for rf-K-means in R
lines(clustPerfSI[,1], clustPerfSI[,6], col="black", lty = 2)
# Grid lines
abline(v = 1:13, lty=2, col="light grey")
abline(h = seq(0.1,0.5,0.02), lty=2, col="light grey")

legend("topright",
      legend=c("K-means SNAP","K-means R 30 iterations","K-means R 100
iterations","rf-K-means R 30 iterations", "rf-K-means R 100 iterations" ),
      col=c("red", "blue", "blue", "black", "black"),
      lty =c(1,1,2,1,2), # according to line style above
      lwd=1)
dev.off()
}

```

Quellcodedokumentation Bewertung Klassifikationsalgorithmen – performance script „Silhouette-Index“ (Rx64 3.3.3; R Core Team (2017))

```
##### clear mem
gc()
#####
library(doParallel)
cl <- parallel::makeCluster(5) # define clustersize as big as numbers of silhouette
clatuations in foreach loop
doParallel::registerDoParallel(cl)
#####
library(cluster)
library(raster)
library(clusterCrit) # for Silhouette
library(bigstatsr) # for FBM function used in foreach
#####
tempSI <- FBM(9,6) # used FBM function from bigstatsr for foreach data storage
##### stack different clustering results
# load all bricks, data and previous clustering results as in basic script
##### data adjustment
KM_SNAP[KM_SNAP==255] <- NA
for (i in 1:10){ KM_SNAP[KM_SNAP==i-1] <- i }
##### sample size definition and other
vectors
#define sample size
#sample_array <- c(10,100,500,1000,2000,5000)
##### start loop according to sample array
for (samples in sample_array)
{
##### start silhouette for each clustering stack
temp <- foreach(i=1:nlayers(KM_SNAP), .combine='c', .packages = c('cluster',
'clusterCrit', 'raster')) %dopar%
{ # Iterate through each layer
tempSI[i, 1] <- i + 1
sample_KM_SNAP <- sampleStratified(KM_SNAP[[i]], size = samples) # select
numbers of exemplary cells
exemplary_KM_SNAP <- rstDF[sample_KM_SNAP[,1], ] # read cell values from
original df according to random sampled cells from classification and writes them
#exemplary_KM_SNAP[] <- sapply(exemplary_KM_SNAP, as.numeric)
classified_KM_SNAP <- intCriteria(traj = exemplary_KM_SNAP, part =
as.integer(sample_KM_SNAP[,2]), crit = "Silhouette")
tempSI[i, 2] <- classified_KM_SNAP[[1]][1]
#####
sample_KM_R_30 <- sampleStratified(KM_R_30[[i]], size = samples) # select
numbers of exemplary cells
exemplary_KM_R_30 <- rstDF[sample_KM_R_30[,1], ] # read cell values from
original df according to random sampled cells from classification and writes them
#exemplary_KM_R_30[] <- sapply(exemplary_KM_R_30, as.numeric)
classified_KM_R_30 <- intCriteria(traj = exemplary_KM_R_30, part =
as.integer(sample_KM_R_30[,2]), crit = "Silhouette")
tempSI[i, 3] <- classified_KM_R_30[[1]][1]
#####
sample_KM_R_100 <- sampleStratified(KM_R_100[[i]], size = samples) # select
numbers of exemplary cells
exemplary_KM_R_100 <- rstDF[sample_KM_R_100[,1], ] # read cell values from
original df according to random sampled cells from classification and writes them
#exemplary_KM_R_100[] <- sapply(exemplary_KM_R_100, as.numeric)
classified_KM_R_100 <- intCriteria(traj = exemplary_KM_R_100, part =
as.integer(sample_KM_R_100[,2]), crit = "Silhouette")
tempSI[i, 4] <- classified_KM_R_100[[1]][1]
#####
sample_RF_R_30 <- sampleStratified(RF_R_30[[i]], size = samples) # select
numbers of exemplary cells
exemplary_RF_R_30 <- rstDF[sample_RF_R_30[,1], ] # read cell values from
original df according to random sampled cells from classification and writes them
#exemplary_RF_R_30[] <- sapply(exemplary_RF_R_30, as.numeric)
```



```

        classified_RF_R_30 <- intCriteria(traj = exemplary_RF_R_30,part =
as.integer(sample_RF_R_30[,2]),crit = "Silhouette")
        tempSI[i, 5] <- classified_RF_R_30[[1]][1]
#####
        sample_RF_R_100 <- sampleStratified(RF_R_100[[i]], size = samples) # select
numbers of exemplary cells
        exemplary_RF_R_100 <- rstDF[sample_RF_R_100[,1], ] # read cell values from
original df according to random sampled cells from classification and writes them
        #exemplary_RF_R_100[] <- sapply(exemplary_RF_R_100, as.numeric)
        classified_RF_R_100 <- intCriteria(traj = exemplary_RF_R_100,part =
as.integer(sample_RF_R_100[,2]),crit = "Silhouette")
        tempSI[i, 6] <- classified_RF_R_100[[1]][1]
        NULL
    } ###end of foreach loop
clustPerfSI[] <- tempSI[]
#####
# proceed to write and plot results as in basic script
} #end of array loop
stopCluster(cl)

```


Anhang C

Relevee-Daten und TWINSpan-Auswertungen

Tabelle C-1: Übersicht über verwendete Kartieraufschlüsselung der Artmächtigkeit und Soziabilität (Braun-Blanquet Methode, ergänzt nach Reichelt und Wilmanns (1973))

Symbol	Individuenanzahl	Deckungsgrad
r	selten, ein Exemplar	deutlich unter 1%
+	wenige (2 bis 5) Exemplare	bis 1%
1	viele (6 bis 50) Exemplare	bis 5%
2	sehr viele (über 50) Exemplare	5 bis 25%
2m ¹	sehr viele (über 50) Exemplare	bis 5%
2a ¹	beliebig	5 bis 15%
2b ¹	beliebig	15 bis 25%
3	beliebig	26 bis 50%
4	beliebig	51 bis 75%
5	beliebig	76 bis 100%
Symbol	Soziabilität	
1	einzeln wachsend	
2	in kleinen Gruppen oder horstweise wachsend	
3	in kleinen Flecken oder Polstern wachsend	
4	in kleinen Kolonien bis ausgedehnten Flecken oder Teppichen wachsend	
5	in großen Herden wachsend	

¹ Vorschlag nach Reichelt und Wilmanns (1973)

Tabelle C-2: Schlüssel der Waldarteneinordnung nach Schmidt et al. (2011), Stand 18.9.2014

Schlüssel	Gefäßpflanzentyp	Verbreitung
B1.1	Baum	vorwiegend im geschlossenen Wald
B1.2		vorwiegend an Waldrändern und auf Waldverlichtungen
B2.1		im Wald wie im Offenland
B2.2		auch im Wald, aber Schwerpunkt im Offenland
S1.1	Strauch	vorwiegend im geschlossenen Wald
S1.2		vorwiegend an Waldrändern und auf Waldverlichtungen
S2.1		im Wald wie im Offenland
S2.2		auch im Wald, aber Schwerpunkt im Offenland
K1.1	Kraut	vorwiegend im geschlossenen Wald
K1.2		vorwiegend an Waldrändern und auf Waldverlichtungen
K2.1		im Wald wie im Offenland
K2.2		auch im Wald, aber Schwerpunkt im Offenland
O	keine Waldart	
Waldart NT	Vorkommensschwerpunkt im norddeutschen Tiefland	
Waldart D	Vorkommensschwerpunkt in Deutschland	

Tabelle C-3: TWINSpan Einstellungen (settings) in JUICE 2.0

	setting 1	setting 2	setting 3	setting 4
Pseudo species	3	3	4	5
cutlevels	0 5 25	0 5 25	0 5 25 50	0 2 5 10 20
min group size	5	2	2	5
max level	6	6	6	6

Gruppenbezeichnung nach Sortierung:

- Namensgebend sind die Arten mit den höchsten und zweithöchsten fidelity Werten
- Falls zweimal die gleiche Art innerhalb der fidelity-Sortierung auftritt und unterschiedliche Schichten besetzt wird die nächste andere Art namensgebend hinzugenommen.

Fort Hahneberg (D)

Tabelle C-4: Daten der Auswertung des digitalen Höhenmodells für die Kartierflächen am Standort Fort Hahneberg (D) bezüglich Geländehöhe, Neigung und Exposition

Bezeichnung Probefläche	Höhe über NN [m]			Neigung [Grad]			Exposition [Grad]		
	Median	Min	max	Median	Min	max	Median	Min	max
Hahn PF10 2014	60,5	59,9	61,0	10	1	18	165	23	303
Hahn PF5 2014	61,6	60,4	63,5	19	3	37	251	160	287
Hahn PF4 2014	60,3	58,4	63,3	22	3	43	219	148	260
Hahn VJ1 2018	54,7	53,8	55,4	5	1	13	157	8	248
Hahn 2018 PF15	53,6	48,9	59,9	30	1	62	319	-1	360
Hahn 2018 PF15a	56,3	48,9	58,2	21	1	67	139	1	359
Hahn 2018 VJ2	55,7	55,7	55,8	2	1	4	195	45	345

Tabelle C-5: Zusammenstellung der Auswertung der beta-Diversitäten am Standort Fort Hahneberg (D) mittels Juice der einzelnen Prüfflächen im historischen Kontext

Prüffläche	Zeitraum	Total inertia	Euclidean distance (average)	Whittaker (overall)	Jaccard dissimilarity	Sorensen dissimilarity	Harrison beta-2 dissimilarity	Williams beta-3 dissimilarity	Simpson dissimilarity
PF15	2006 vs. 2014	0,437	63,024	0,5	0,667	0,5	0,2	0,167	0,33
PF15a / VJ1	2006 vs. 2014	0,587	26,287	0,514	0,679	0,514	0,474	0,321	0,5
PF4	2006 vs. 2014	0,712	87,356	0,543	0,704	0,543	0,421	0,296	0,5
PF5	2006 vs. 2014	0,767	87,733	0,61	0,758	0,61	0,222	0,182	0,429
PF10	2006 vs. 2014	0,689	42,059	0,533	0,696	0,533	0,353	0,261	0,462

Tabelle C-6: Kartierbogen Fort Hahneberg 2014 PF4

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort Hahneberg		Probefl. (m²):	70m²	Aufnahme-Nr.:	2014 PF4
Aufnahmestort:	Ex PF4		Hochwert	52.521651N	Rechtswert	13.138495E
Nutzungsart:	mind. 2 -schürige Mahd		Datum:	12.07.2014	Höhe über NN:	60m
Bestand:	Trocken- bis Halbtrockenrasen auf sandigem Untergrund				Exposition:	S
Aspekt:	Hochsommer		Bearbeiter	Junghans	Neigung:	ca. 30°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)						
Artenzahl	0	0	19		0	19
Deckungsgrad	90 bis 95%					
Besonderheiten:	südexponierte Standort, Eidcechsen vermutet, Solitärwespen gesichtet					
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname			Schicht	Dominanz	Sozialität	nach Oberdorfer
Achillea millefolium	Gewöhnliche Wiesen-Schafgarbe		K	1		5.4.2..
Euphorbia cyparissias	Zypressen-Wolfsmilch		K	1		5.3...
Trifolium arvense		Hasen-Klee	K	1		5.2...
Festuca ovina	Echter Schaf-Schwingel		K	1		....
Equisetum pratense	Wiesen-Schachtelhalm		K	1		8.4.3.3.
Corynephorus canescens		Silbergras	K	2		5.2.2.1.
Falcaria vulgaris		Sichelmöhre	K	1		3.6.1.1.
Dianthus carthusianorum		Karthäuser-Nelke	K	1		5.3.2..
Medicago lupulina		Hopfenklee	K	1		5.3.2.2.
Anthyllis vulneraria		Wundklee	K	1		5.3.2..
Hieracium umbellatum	Doldiges Habichtskraut		K	+		8.4.1.1.
Hieracium pilosella	Kleines Habichtskraut		K	+		5....
Armeria maritima ssp. elongata		Sand-Grasnelke	K	+		5.3.2.3.
Hypochaeris radicata	Gewöhnliches Ferkelkraut		K	1		5....
Asparagus officinalis		Spargel	K	+		....
Bromus erectus		Aufrechte Trespe	K	1		5.3.2..
Agrostis capillaris		Rotes Straußgras	K	1		5....
Scabiosa canescens		Graue Skabiose	K	1		6.1.1.2.
Knautia arvensis	Wiesen-Witwenblume		K	1		5.4.2..
			Sichtungen:			
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)						
5121	Sandtrockenrasen		keine nähere Bestimmung möglich			
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	7,2	5,7	5,4	3,5	5,7	2,6
Median	7	6	5	3	6,5	2
Anzahl Arten	19	14	9	17	14	17

Tabelle C-7: Kartierbogen Fort Hahneberg 2006 PF4

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort Hahneberg		Probefl. (m²):	70m²	Aufnahme-Nr.:	2006 PF4
Aufnahmestort:	native PF4		Hochwert	52.521651N	Rechtswert	13.138495E
Nutzungsart:	2 -schürige Mahd		Datum :	01.08.2006	Höhe über NN:	60m
Bestand:	basiphiler Halbtrockenrasen				Exposition:	S
Aspekt:	Hochsommer		Bearbeiter	Ißbrücker	Neigung:	ca. 30°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)						
Artenzahl	0	0	16		0	16
Deckungsgrad		97%				
Besonderheiten:		Aufnahme zwei Wochen nach Mahd, Arten der kontinentalen und submediterranen Trocken- und Halbtrockenrasen vorhanden				
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname			Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer
Bromus erectus		Aufrechte Trespe	K	5		5.3.2..
Hieracium pilosella		Kleines Habichtskraut	K	2		5....
Thymus serpyllum		Sand-Thymian	K	1		5.2.2..
Euphorbia cyparissias		Zypressen-Wolfsmilch	K	1		5.3...
Festuca ovina		Echter Schaf-Schwengel	K	1		....
Peucedanum oreoselinum		Berg-Haarstrang	K	1		6.1.1.2.
Achillea millefolium		Gewöhnliche Wiesen-Schafgarbe	K	+		5.4.2..
Centaurea scabiosa		Skabiosen-Flockenblume	K	+		5.3...
Hieracium umbellatum		Doldiges Habichtskraut	K	+		8.4.1.1.
Knautia arvensis		Wiesen-Witwenblume	K	+		5.4.2..
Medicago falcata		Sichelklee	K	+		6.1.1.2.
Rubus fruticosus agg.		Gewöhnliche Brombeere	K	+		8.5.1.1.2
Scabiosa canescens		Graue Skabiose	K	+		6.1.1.2.
Echium vulgare		Gewöhnlicher Natternkopf	K	r		3.5.4.2.
Galium verum		Echtes Labkraut	K	r		5.3...
Ononis repens		Kriechende Hauhechel	K	r		5.3.2.2.
			Sichtungen:			
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)						
5121	Sandtrockenrasen			rudimentärer 051213	Thymo-Festucetum ovinae	
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	7,4	5,8	4,1	3,5	6,3	2,9
Median	7	6	4	4	7	3
Anzahl Arten	16	11	7	15	12	16

Tabelle C-8: Kartierbogen Fort Hahneberg 2014 PF5

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort Hahneberg		Probefl. (m²):	60m²	Aufnahme-Nr.:	2014 PF5
Aufnahmestort:	Ex PF5		Hochwert	52.521780N	Rechtswert	13.138542E
Nutzungsart:	mind. 2 -schürige Mahd		Datum:	12.07.2014	Höhe über NN:	64m
Bestand:	Trocken- bis Halbtrockenrasen auf sandigem Untergrund				Exposition:	W
Aspekt:	Hochsommer		Bearbeiter	Junghans	Neigung:	10 bis 20°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)						
Artenzahl	0	0	26		1	27
Deckungsgrad	90%					
Besonderheiten:						
B = Baumschicht S = Strauchschicht K = Krautschicht V = Verjüngung						
				nach Braun-Blanquet		Schlüssel
						Soz. Verhalten
Artname	Name		Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer
<i>Achillea millefolium</i>	Gewöhnliche Wiesen-Schafgarbe		K	1		5.4.2..
<i>Euphorbia cyparissias</i>	Zypressen-Wolfsmilch		K	1		5.3...
<i>Trifolium arvense</i>	Hasen-Klee		K	2		5.2...
<i>Cerastium arvense</i>	Acker-Hornkraut		K	+		3.6.1..
<i>Calamagrostis epigejos</i>	Land-Reitgras		K	1		....
<i>Festuca ovina</i>	Echter Schaf-Schwengel		K	1		....
<i>Equisetum pratense</i>	Wiesen-Schachtelhalm		K	1		8.4.3.3.
<i>Corynephorus canescens</i>	Silbergras		K	2		5.2.2.1.
<i>Trifolium campestre</i>	Feld-Klee		K	1		5.2...
<i>Falcaria vulgaris</i>	Sichelmöhre		K	1		3.6.1.1.
<i>Silene latifolia ssp. alba</i>	Weiße Lichtnelke		K	1		3....
<i>Centaurea scabiosa</i>	Skabiosen-Flockenblume		K	1		5.3...
<i>Dianthus carthusianorum</i>	Karthäuser-Nelke		K	1		5.3.2..
<i>Medicago x varia</i>	Bastard-Luzerne		K	1		....
<i>Anchusa officinalis</i>	Gewöhnliche Ochsenzunge		K	1		3.5.4..
<i>Echium vulgare</i>	Gewöhnlicher Natternkopf		K	1		3.5.4.2.
<i>Medicago lupulina</i>	Hopfenklee		K	1		5.3.2.2.
<i>Lotus corniculatus</i>	Gewöhnlicher Hornklee		K	1		5....
<i>Anthyllis vulneraria</i>	Wundklee		K	1		5.3.2..
<i>Hieracium umbellatum</i>	Doldiges Habichtskraut		K	1		8.4.1.1.
<i>Hieracium pilosella</i>	Kleines Habichtskraut		K	1		5....
<i>Armeria maritima ssp. elongata</i>	Sand-Grasnelke		K	1		5.3.2.3.
<i>Melilotus albus</i>	Weißer Steinklee		K	1		3.5.4.2.
<i>Hypochaeris radicata</i>	Gewöhnliches Ferkelkraut		K	1		5....
<i>Hypericum perforatum</i>	Echtes Johanniskraut		K	1		6.1...
<i>Artemisia campestris</i>	Feld-Beifuß		K	1		5.2...
<i>Quercus robur</i>	Stiel-Eiche		V	+		8.4...
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg) Sichtungen						
5122	basiphiler Trocken- bis Halbtrockenrasen					
51224	submediterraner Halbtrockenrasen					
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	7,6	5,8	5,5	3,6	6,0	3,2
Median	8	6	5	4	7	3
Anzahl Arten	27	20	12	24	21	23

Tabelle C-9: Kartierbogen Fort Hahneberg 2018 PF5

[illegible]

Tabelle C-10: Kartierbogen Fort Hahneberg 2006 PF5

[illegible]

Tabelle C-11: Kartierbogen Fort Hahneberg 2014 PF10

[illegible]

Tabelle C-12: Kartierbogen Fort Hahneberg 2006 PF10

[illegible]

Tabelle C-13: Kartierbogen Fort Hahneberg 2018 PF10

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort Hahneberg		Probefl. (m²):	20*100m	Aufnahme-Nr.:	2018 PF 10
Aufnahmestort:	Ex PF15		Hochwert	52.523008N	Rechtswert	13.137527E
Nutzungsart:	rechter Flankengraben		Datum:	11.04.2018	Höhe über NN:	55m
Bestand:	nahezu krautfreier Laubholzwald				Exposition:	SSO
Aspekt:	Frühjahr		Bearbeiter	Junghans	Neigung:	0 bis 20°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)						
Artenzahl	5	7	3		0	14
Deckungsgrad		90% in der Baumschicht, <5% in der Strauchschicht, <1% Krautschicht				
Besonderheiten:		nahezu krautfreies Unterholz, keine einjährigen Verjüngungen, vereinzelter Sturmbruch				
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname		Name	Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer
Robinia pseudoacacia		Robinie	B	3		....
Acer platanoides		Spitz-Ahorn	B	2		8.4.3.4.
Ulmus laevis		Flatter-Ulme	B	2		8.4.3.3.
Acer pseudoplatanus		Berg-Ahorn	B	2		8.4.3.4.
Betula pendula		Hänge-Birke	B	1		....
Mahonia aquifolium		Gewöhnliche Mahonie	S	1		....
Robinia pseudoacacia		Robinie	S	1		....
Sambucus nigra		Schwarzer Holunder	S	1		....
Hedera helix		Efeu	S	1		8.4...
Prunus spinosa		Gewöhnliche Schlehe	S	1		8.4.4..
Viburnum opulus		Gewöhnlicher Schneeball	S	1		8.4.4..
Ribes nigrum		Schwarze Johannisbeere	S	2		8.2.1.1.
Allium vineale		Weinbergs-Lauch	K	+		3.3.1.1.
Poa nemoralis		Hain-Rispengras	K	+		8.4...
Symphoricarpos albus		Gewöhnliche Schneebeere	K	+		....
			Sichtungen			
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)						
8340	Robinienwald					
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	5,2	5,7	5,2	5,4	6,4	6,8
Median	5	6	5	5	7	7
Anzahl Arten	13	9	9	10	5	9

Tabelle C-14: Kartierbogen Fort Hahneberg 2018 PF15a

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort Hahneberg		Probefl. (m²):	10*80m	Aufnahme-Nr.:	2018 PF15a
Aufnahmestort:	Ex PF15		Hochwert	52.523348N	Rechtswert	13.137781E
Nutzungsart:	Glacis rechter Flankengraben/Spitzgraben		Datum:	11.04.2018	Höhe über NN:	58m
Bestand:	lichter Laubholzwald				Exposition:	NW
Aspekt:	Frühjahr		Bearbeiter	Junghans	Neigung:	0 bis 5°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)	>5m	<5m			<5m	ohne Duplikate
Artenzahl	5	6	8		0	18
Deckungsgrad	60% in der Baumschicht, <10% in der Strauch- und Krautschicht					
Besonderheiten:	einzeln Sturmbruch, Krautschicht nur oberhalb des Graben an der Nordseite, Übergang Spitzgraben rechter Flankengraben					
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
			nach Braun-Blanquet			Soz. Verhalten
Artname	Name		Schicht	Dominanz	Sozialität	nach Oberdorfer
<i>Robinia pseudoacacia</i>	Robinie		B	1		....
<i>Acer platanoides</i>	Spitz-Ahorn		B	1		8.4.3.4.
<i>Ulmus laevis</i>	Flatter-Ulme		B	1		8.4.3.3.
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Berg-Ahorn		B	1		8.4.3.4.
<i>Betula pendula</i>	Hänge-Birke		B	1		....
<i>Mahonia aquifolium</i>	Gewöhnliche Mahonie		S	1		....
<i>Robinia pseudoacacia</i>	Robinie		S	1		....
<i>Sambucus nigra</i>	Schwarzer Holunder		S	1		....
<i>Hedera helix</i>	Efeu		S	1		8.4...
<i>Prunus spinosa</i>	Gewöhnliche Schlehe		S	1		8.4.4..
<i>Viburnum opulus</i>	Gewöhnlicher Schneeball		S	1		8.4.4..
<i>Poa nemoralis</i>	Hain-Rispengras		K	2		8.4...
<i>Geranium robertianum</i>	Stinkender Storchschnabel		K	1		3.5.3.2.
<i>Chelidonium majus</i>	Schöllkraut		K	1		3.5.3..
<i>Allium vineale</i>	Weinbergs-Lauch		K	1		3.3.1.1.
<i>Alliaria petiolata</i>	Knoblauchsrauke		K	1		3.5.3..
<i>Galium aparine</i>	Gewöhnliches Kletten-Labkraut		K	1		3.5...
<i>Viola odorata</i>	Wohlfriechendes Veilchen		K	1		3.5.3..
<i>Rumex acetosa</i>	Großer Sauerampfer		K	1		5.4...
			Sichtungen			
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)						
8293 Naturnaher Laubwald mit heimischen Baumarten frischer und /oder feuchter Standorte						
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	5,5	5,8	5,1	5,0	6,5	7,3
Median	5	6	5	5	7	7,5
Anzahl Arten	18	13	8	12	6	14

Tabelle C-15: Kartierbogen Fort Hahneberg 2006 PF15

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort Hahneberg		Probefl. (m²):	3000m²	Aufnahme-Nr.:	2018 PF15
Aufnahmestort:	Ex PF15		Hochwert	52.523008N	Rechtswert	13.137527E
Nutzungsart:	keine		Datum:	04.08.2006	Höhe über NN:	55m
Bestand:	Robinien-Stadtwald				Exposition:	SSO
Aspekt:	Frühjahr		Bearbeiter	Junghans	Neigung:	0 bis 20°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)						
Artenzahl	5	7	13		0	25
Deckungsgrad	90% in der Baumschicht, <5% in der Strauchschicht, <1% Krautschicht					
Besonderheiten:	nahezu krautfreies Unterholz, keine einjährigen Verjüngungen, vereinzelter Sturmbruch					
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname		Name	Schicht	Dominanz	Sozialität	nach Oberdorfer
<i>Robinia pseudoacacia</i>		Robinie	B	5		....
<i>Acer platanoides</i>		Spitz-Ahorn	B	1		8.4.3.4.
<i>Ulmus laevis</i>		Flatter-Ulme	B	1		8.4.3.3.
<i>Acer pseudoplatanus</i>		Berg-Ahorn	B	+		8.4.3.4.
<i>Betula pendula</i>		Hänge-Birke	B	+		....
<i>Mahonia aquifolium</i>		Gewöhnliche Mahonie	S	2		....
<i>Rubus fruticosus</i> agg.		Gewöhnliche Brombeere	S	2		8.5.1.1.2
<i>Sambucus nigra</i>		Schwarzer Holunder	S	1		....
<i>Crataegus monogyna</i>		Eingrifflicher Weißdorn	S	+		8.4.4..
<i>Hedera helix</i>		Efeu	S	+		8.4...
<i>Prunus spinosa</i>		Gewöhnliche Schlehe	S	r		8.4.4..
<i>Symphoricarpos albus</i>		Gewöhnliche Schneebeere	S	r		....
<i>Impatiens parviflora</i>		Kleines Springkraut	K	2		8.4.3..
<i>Poa nemoralis</i>		Hain-Rispengras	K	2		8.4...
<i>Chelidonium majus</i>		Schöllkraut	K	2		3.5.3..
<i>Geranium robertianum</i>		Stinkender Storchschnabel	K	2		3.5.3.2.
<i>Anthriscus sylvestris</i>		Wiesen-Kerbel	K	1		5.4.2..
<i>Geum urbanum</i>		Gewöhnliche Nelkenwurz	K	1		8.4.3..
<i>Urtica dioica</i>		Große Brennnessel	K	1		3.5...
<i>Alliaria petiolata</i>		Knoblauchsrauke	K	+		3.5.3..
<i>Bromus inermis</i>		Unbegrannte Tresse	K	+		....
<i>Convallaria majalis</i>		Maiglöckchen	K	+		8.4...
<i>Dactylis glomerata</i>		Wiesen-Knäuelgras	K	+		....
<i>Galium aparine</i>		Gewöhnliches Kletten-Labkraut	K	+		3.5...
<i>Arctium lappa</i>		Große Klette	K	r		3.5.1.1.
			Sichtungen			
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)						
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	5,9	5,6	5,1	5,0	6,5	6,8
Median	5,5	6	5	5	7	7
Anzahl Arten	22	14	9	19	10	19

Tabelle C-16: Kartierbogen Fort Hahneberg 2018 VJ1

[illegible]

Tabelle C-17: Kartierbogen Fort Hahneberg 2018 VJ2

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort Hahneberg		Probefl. (m²):	1.5*8m	Aufnahme-Nr.:	2018 VJ2
Aufnahmestort:	Betonplatte Innenhof		Hochwert	52.521435N	Rechtswert	13.138517E
Nutzungsart:	keine		Datum:	11.04.2018	Höhe über NN:	57m
Bestand:	fragm. lückiger basophiler oder Kalk-Pionierrasen (Alyssso-Sedion albi)				Exposition:	keine
Aspekt:	Frühjahr		Bearbeiter	Junghans	Neigung:	0°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)						
Artenzahl	0	0	5		0	5
Deckungsgrad		ca. 30% Bedeckung der Bodenplatte				
Besonderheiten:		nur im Frühjahr kartierbar, nicht stattgefundene Erstaufnahme Frühjahr 2014 in ähnlicher Konstellation				
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname		Name	Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer
<i>Saxifraga tridactylites</i>		Dreifinger-Steinbrech	K	2		5.2.1.2.
<i>Achillea millefolium</i>		Gewöhnliche Wiesen-Schafgarbe	K	1		5.4.2..
<i>Corynephorus canescens</i>		Silbergras	K	1		5.2.2.1.
<i>Elymus repens</i>		Kriech-Quecke	K	1		3.6.1..
<i>Trifolium spec.</i>			K	1		....
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)						
10130 Trockenmauern (Mauerfußgesellschaft)						
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	7,8	6,0	5,0	2,7	5,0	3,8
Median	8	6	4	2	5	3,5
Anzahl Arten	4	3	3	3	2	4

Tabelle C-18: Liste der geschützten Gefäßpflanzen 2006 am Standort Fort Hahneberg (D) nach den Aufnahmen von Ißbrücker und Riesbeck (2007)

Artname	Artname	Einstufung 2006 RL B	Fundort 2006	Kommentar Junghans
<i>Allium oleraceum</i>	Gemüse-Lauch	3	13b	vermutlich <i>Allium vineale</i> , da am Standort weit verbreitet
<i>Anthyllis vulneraria</i>	Gemeiner Wundklee	1	9, 12	
<i>Cuscuta epithymum</i>	Quendel-Seide	1	7	
<i>Dianthus carthusianorum</i>	Karthäuser-Nelke	2	5, 7, 8, 9	
<i>Koeleria glauca</i>	Blau-Schillergras	2	9	
<i>Ononis repens</i>	Kriechende Hauhechel	V	4	
<i>Peucedanum oreoselinum</i>	Berg-Haarstrang	3	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 11	2014 und 2018 nicht auffindbar
<i>Scabiosa canescens</i>	Graue Skabiose	1	4	
<i>Sedum maximum</i>	Große Fetthenne	V	6, 7, 9, 12	



Abbildung C-1: Lage der nativen Aufnahmeflächen 2006, aus Ißbrücker und Riesbeck (2007)

Tabelle C-19: Gesamtartenliste und ökologische Artverhalten Fort Hahneberg 2006 und 2014

Gesamtartenliste und Übersicht ökologisches Artverhalten														
Gebiet:	Fort Hahneberg										Artenanzahl	67		
Artname	Zeigerwerte							soziologische Zuordnung nach Oberdorfer 2001					Waldart	
	L	T	K	F	R	N		Gruppe	Klasse	Ordnung	Verband	Unterverband	NT	D
<i>Acer platanoides</i>	4	6	5		x		x x	Laubwälder und v	Quercu-Fagetea (E Fagelalia (sylvatic; Tilio (platyphylis)				B2.1	B2.1
<i>Acer pseudoplatanus</i>	4		x	5	6		x 7	Laubwälder und v	Quercu-Fagetea (E Fagelalia (sylvatic; Tilio (platyphylis)				B2.1	B2.1
<i>Achillea millefolium</i>	8		x	x	4		x 5	Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe	Arrhenatheretalia ((			K2.2	K2.2
<i>Aegopodium podagraria</i>	5	5		x	6		7 8	Krautige Vegetation	Artemisietea (Stick: Glechometalia (nitri	Aegopodion podag			K2.1	K2.1
<i>Agrostis capillaris</i>	7		x	x	x		4 4	Anthropo-Zoogene					K2.1	K2.1
<i>Alliaria petiolata</i>	5	6		x	5		7 9	Krautige Vegetation	Artemisietea (Stick: Glechometalia (nitri				K2.1	K2.1
<i>Allium vineale</i>	5	7	4	4			x 7	Krautige Vegetation	Chenopodietea (Ha Polygono-Chenopx	Fumario-Euphorbic			K2.2	K2.2
<i>Anchusa officinalis</i>	9	7	6	3			7 5	Krautige Vegetation	Artemisietea (Stick: Onopordietalia (Bie				#NV	#NV
<i>Anthriscus sylvestris</i>	7		x	x	5		x 8	Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe	Arrhenatheretalia ((			#NV	#NV
<i>Anthyllis vulneraria</i>	8	6		x	3		7 2	Anthropo-Zoogene	Festuco-Brometea	Brometalia (erecti)			O	K2.2
<i>Armeria maritima</i> ssp. <i>elongata</i>	7	6	5	3		6 ! 2 !		Anthropo-Zoogene	Festuco-Brometea	Brometalia (erecti)	Koelerio-Phleion ph		#NV	#NV
<i>Artemisia campestris</i>	9	6	5	2		5 2		Anthropo-Zoogene	Sedo-Scleranthetea				K2.2	K2.2
<i>Artemisia vulgaris</i>	7	6		x	6		x 8	Krautige Vegetation	Artemisietea (Stick:				#NV	#NV
<i>Asparagus officinalis</i>	6	6	7	3		~	4 x	indifferent					K2.2	K2.2
<i>Berteroia incana</i>	9	6	7	3		6 ! 4		Krautige Vegetation	Artemisietea (Stick: Onopordietalia (Bie	Dauco-Melilotion (M			#NV	#NV
<i>Betula pendula</i>	7		x	x	x		x x	indifferent					B2.1	B2.1
<i>Bromus erectus</i>	8	5	4	3		8 3		Anthropo-Zoogene	Festuco-Brometea	Brometalia (erecti)			O	K2.2
<i>Calamagrostis epigejos</i>	7	5	7		x	~	x 6	indifferent					K2.1	K2.1
<i>Centaurea scabiosa</i>	7			3	3		8 4 !	Anthropo-Zoogene	Festuco-Brometea				O	K2.2
<i>Cerastium arvense</i>	8			5	4		6 4	Krautige Vegetation	Agropyreteale (Quercu	Agropyretalia interr			O	K2.2
<i>Cerastium holosteoides</i>	6			x	5		x 5	Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe				K2.2	K2.2
<i>Chelidonium majus</i>	6	6		x	5		x 8	Krautige Vegetation	Artemisietea (Stick: Glechometalia (nitri				K2.1	K2.1
<i>Corydalis cava</i>	3	6	5	6		8 8		Laubwälder und v	Quercu-Fagetea (E Fagelalia (sylvatic;				K1.1	K1.1
<i>Corynephorus canescens</i>	8	6	4	2		3 2		Anthropo-Zoogene	Sedo-Scleranthetea	Corynephorietalia (Cory	nephorion (ca		K2.2	K2.2
<i>Dianthus carthusianorum</i>	8	5	5	3		7 2		Anthropo-Zoogene	Festuco-Brometea	Brometalia (erecti)			K2.2	K2.2
<i>Echium vulgare</i>	9	6		x	4		8 4	Krautige Vegetation	Artemisietea (Stick: Onopordietalia (Bie	Dauco-Melilotion (M			#NV	#NV
<i>Elymus repens</i>	7	6	7		x	~	x 7	Krautige Vegetation	Agropyreteale (Quercu	Agropyretalia interr			#NV	#NV
<i>Equisetum pratense</i>	5	4	7	6		7 2		Laubwälder und v	Quercu-Fagetea (E Fagelalia (sylvatic;	Alno-Ulmion (mino			K1.1	K1.1
<i>Euphorbia cyparissias</i>	8			x	3		x 3	Anthropo-Zoogene	Festuco-Brometea				K2.1	K2.1
<i>Falcaria vulgaris</i>	7	7	7	3		9	x	Krautige Vegetation	Agropyreteale (Quercu	Agropyretalia interr	Conv olvulo-Agropy		#NV	#NV
<i>Festuca ovina</i>	7 !		x	x	x		3 ! 1 !	indifferent					K2.1	K2.1
<i>Gagea lutea</i>	4	5		x	6		~ 7 7	Laubwälder und v	Quercu-Fagetea (E Fagelalia (sylvatic;	Alno-Ulmion (mino			K1.1	K1.1
<i>Galium aparine</i>	7	6		x	x		6 8	Krautige Vegetation	Artemisietea (Stick:				K2.1	K2.1
<i>Geranium robertianum</i>	5		x	x	x		x 7	Krautige Vegetation	Artemisietea (Stick: Glechometalia (nitri	Alliarion (Nitrophile			K2.1	K2.1
<i>Hedera helix</i>	4	5	4	5			x x	Laubwälder und v	Quercu-Fagetea (E				S1.1	S1.1
<i>Hieracium pilosella</i>	7		x	x	4		x 2	Anthropo-Zoogene					K2.2	K2.2
<i>Hieracium umbellatum</i>	6	6		x	4		4 2	Laubwälder und v	Quercu-Fagetea (E Quercetalia robori-	Quercion robori-pe			K2.1	K2.1
<i>Holcus mollis</i>	5	5	3	5		2 3		Laubwälder und v	Quercu-Fagetea (E Quercetalia robori-	Quercion robori-pe	Quercenion robori-		K2.1	K2.1
<i>Hypericum perforatum</i>	7	6		x	4		6 4	Waldnahe Stauden	Trifolio-Geranietea				K2.2	K2.1
<i>Hypochaeris radicata</i>	8	5	4	5		4 3		Anthropo-Zoogene					K2.2	K2.2
<i>Knautia arvensis</i>	7	6	x	4			x 4	Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe	Arrhenatheretalia ((			K2.2	K2.2
<i>Lamium maculatum</i>	5		x	5	6		7 8	Krautige Vegetation	Artemisietea (Stick: Calystegietalia (Nit	Calystegion sepium			K2.1	K2.1
<i>Lotus corniculatus</i>	7			x	4		7 3	Anthropo-Zoogene					K2.2	K2.2
<i>Mahonia aquifolium</i>				3				indifferent					S2.1	S2.1
<i>Medicago lupulina</i>	7	5		x	4		8 x	Anthropo-Zoogene	Festuco-Brometea	Brometalia (erecti)	Mesobromion (Kall		O	K2.2
<i>Medicago x varia</i>	8	6	8	4		7	x	indifferent					#NV	#NV
<i>Melilotus albus</i>	9	6		x	3		7 4	Krautige Vegetation	Artemisietea (Stick: Onopordietalia (Bie	Dauco-Melilotion (M			#NV	#NV
<i>Oenothera biennis</i>	9	7		x	4		x 4	Krautige Vegetation	Artemisietea (Stick: Onopordietalia (Bie	Dauco-Melilotion (M			#NV	#NV
<i>Poa nemoralis</i>	5		X	x	5		5 4	Laubwälder und v	Quercu-Fagetea (E				K1.1	K1.1
<i>Prunus spinosa</i>	7	5		x	4		7 x	Laubwälder und v	Quercu-Fagetea (E Prunetalia spinosa				S2.1	S2.1
<i>Quercus robur</i>	7	6		x	x		x x	Laubwälder und v	Quercu-Fagetea (E				B2.1	B2.1
<i>Ranunculus ficaria</i>	4	5	3	6		7 7		Laubwälder und v	Quercu-Fagetea (E				#NV	#NV
<i>Robinia pseudoacacia</i>	5	6	7	4			x 8	indifferent					B2.1	B2.1
<i>Rumex acetosa</i>	8			x	x		x 6	Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe				K2.2	K2.2
<i>Sambucus nigra</i>	7	5		x	5		x 9	indifferent					S2.1	S2.1
<i>Saxifraga tridactylites</i>	8	6	4	2		7 1		Anthropo-Zoogene	Sedo-Scleranthetea	Sedo-Scleranthetalia	Aly sso-Sedion albi		#NV	#NV

Fortsetzung Tabelle C-19: Gesamtartenliste und ökologische Artverhalten Fort Hahneberg 2006 und 2014

Fortsetzung Gesamtartenliste und Übersicht ökologisches Artverhalten													
Gebiet:		Fort Hahneberg											
Artname	Zeigerwerte						soziologische Zuordnung nach Oberdorfer 2001					Waldart	
	L	T	K	F	R	N	Gruppe	Klasse	Ordnung	Verband	Unterverband	NT	D
<i>Scabiosa canescens</i>	7	7	6	3		8	Waldnahe Stauder	Trifolio-Geranie	Origanetalia vulgar	Geranion sanguine		K2.2	K2.2
<i>Scilla bifolia</i>	5	7	6	7		6	Laubwälder und ve	Querc-Fagetea (E				K2.1	K2.1
<i>Silene latifolia</i> ssp. <i>alba</i>	8	6		x	4		Krautige Vegetatio					#NV	#NV
<i>Silene vulgaris</i> ssp. <i>vulgaris</i>	8			x	4	~	indifferent					#NV	#NV
<i>Symphoricarpos albus</i>				x			indifferent					S2.2	S2.2
<i>Trifolium arvense</i>	8	6		x	3		Anthropo-Zoogene	Sedo-Scleranthete				#NV	#NV
<i>Trifolium campestre</i>	8	6	!	x	4		Anthropo-Zoogene	Sedo-Scleranthete				#NV	#NV
<i>Ulmus glabra</i>	4	5		x	6		Laubwälder und ve	Querc-Fagetea (E Fagetalia (sylvatic	Tilio (platyphyllis) -			B1.1	B1.1
<i>Ulmus laevis</i>	4	6	6	8	=	7	Laubwälder und ve	Querc-Fagetea (E Fagetalia (sylvatic	Alno-Ulmion (mino			B1.1	B1.1
<i>Viburnum opulus</i>	6	5		x	x	7	Laubwälder und ve	Querc-Fagetea (E Prunetalia spinosa				S2.1	S2.1
<i>Viola odorata</i>	5	6		x	5		Krautige Vegetatio	Artemisietea (Stick	Glechometalia (niti			K1.2	K1.2
	L	T	K	F	R	N	Zeigerwerte nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017						
Mittelwert	6,6	5,8	5,2	4,3	6,3	4,9							
Median	7,0	6,0	5,0	4,0	7,0	4,0						Waldarteneinordnung nach Schmidt et al. (2011)	
StAbw	1,6	0,7	1,4	1,3	1,7	2,3						Stand 18.9.2014 0= keine Waldart	
Anzahl differenter Arten	65,0	48,0	30,0	54,0	41,0	57,0						#NV= keine Listung	

Fort Sarbinowo (PL)

Tabelle C-20: Kartierbogen Fort Sarbinowo VJ 2017-S0

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort Sorbinow o/Zorndorf		Probefl. (m²):	120m²	Aufnahme-Nr.:	VJ 2017-S0
Aufnahmestort:	linker Aufgang v on Kapitalpoterne		Hochwert	52.621741N	Rechtswert	14.666879E
Nutzungsart:	keine		Datum:	03.10.2017	Höhe über NN:	65-70m
Bestand:	fragwürdiges und fragm. Arunco-Aceretum				Exposition:	N
Aspekt:	Herbst		Bearbeiter	Junghans/ Schilfert	Neigung:	0-20°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)	>5m	<5m			<5m	ohne Dopplungen
Artenzahl	5	2	4	1	3	14
Deckungsgrad		90% Baumschicht, 99% Krautschicht ohne Aufgang				
Besonderheiten:		kleinräumig; soziologisch ungesättigt; Entwicklung der Bestände unklar, ggf. hin zum Luzulo-Fagetum, siehe auch Ellenberg & Leuschner (2010: 240-248)				
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname		Name	Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer
Acer platanoides		Spitz-Ahorn	B	4		8.4.3.4.
Betula pendula		Hänge-Birke	B	3		....
Quercus robur		Stiel-Eiche	B	+		8.4...
Pinus sylvestris		Wald-Kiefer	B	+		....
Fraxinus excelsior		Gewöhnliche Esche	B	+		8.4.3..
Acer platanoides		Spitz-Ahorn	V	1		8.4.3.4.
Carpinus betulus		Hainbuche	V	+		8.4.3.2.
Acer pseudoplatanus		Berg-Ahorn	V	1		8.4.3.4.
Sambucus nigra		Schwarzer Holunder	S	+		....
Crataegus monogyna		Eingrifflicher Weißdorn	S	+		8.4.4..
Aegopodium podagraria		Giersch	K	5		3.5.3.1.
Pteridium aquilinum		Adlerfarn	K	2		....
Hedera helix		Efeu	K	+		8.4...
Arunco dioicus		Wald-Geißbart	K	+		8.4.3..
		Moos unbest.	M	2		....
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)			Sichtungen			
08290	Naturnahe Laubwälder und Laub-Nadelmischwälder (WS)					
08292	frischer und/oder reicher Standorte (WSR)					
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	5,3	5,4	5,0	5,3	6,3	6,6
Median	4,5	5	5	5	7	7
Anzahl Arten	14	11	7	7	4	7

Tabelle C-21: Kartierbogen Fort Sarbinowo VJ 2018-S0

[illegible]

Tabelle C-22: Kartierbogen Fort Sarbinowo VJ 2017-S2

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort Sorbinow o/Zorndorf		Probefl. (m²):	380m²	Aufnahme-Nr.:	VJ 2017-S2
Aufnahmort:	Barquettes linker Oberwall/ Brustwehr		Hochwert	52.621965N	Rechtswert	14.666002E
Nutzungsart:	keine		Datum:	03.10.2017	Höhe über NN:	70m
Bestand:	vermutetes fragm. Aceri-Tilietum in statu-nascendi da Linde erst aufwächst				Exposition:	S
Aspekt:	Herbst		Bearbeiter	Junghans/ Schilfert	Neigung:	0-5°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)	>5m	<5m			<2m	ohne Dopplungen
Artenzahl	5	3	7		4	18
Deckungsgrad		90% Baumschicht, 99% Krautschicht ohne Aufgang				
Besonderheiten:		Verbleib und weitere Entwicklung unklar, da Standort deutlich trocken-und warm während der Sommermonate; lichte Struktur und daher gemäßigt beschattet				
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname		Name	Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer
Pinus sylvestris		Wald-Kiefer	B	3		....
Betula pendula		Hänge-Birke	B	3		....
Quercus robur		Stiel-Eiche	B	1		8.4...
Fraxinus excelsior		Gewöhnliche Esche	B	1		8.4.3..
Acer pseudoplatanus		Berg-Ahorn	B	1		8.4.3.4.
Fraxinus excelsior		Gewöhnliche Esche	V	3		8.4.3..
Acer platanoides		Spitz-Ahorn	V	4		8.4.3.4.
Carpinus betulus		Hainbuche	V	1		8.4.3.2.
Tilia platyphyllos		Sommer-Linde	V	1		8.4.3.4.
Crataegus monogyna		Eingriffiger Weißdorn	S	4		8.4.4..
Prunus avium		Vogel-Kirsche	S	2		8.4.3..
Pyrus pyraeaster		Wildbirne	S	2		8.4...
Vaccinium myrtillus		Heidelbeere	K	1		....
Galium aparine		Gewöhnliches Kletten-Labkraut	K	1		3.5...
Aruncus dioicus		Wald-Geißbart	K	1		8.4.3..
Campanula rapunculoides		Acker-Glockenblume	K	1		6.1.1.2.
Holcus mollis		Weiches Honiggras	K	4		8.4.1.1.1
Trifolium pratense		Wiesen-Klee	K	+		5.4...
Plantago major		Breit-Wegerich	K	+		....
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)			Sichtungen			
08290	Naturnahe Laubwälder und Laub-Nadelmischwälder (WS)					
08292	frischer und/oder reicher Standorte (WSR)					
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	5,3	5,5	4,8	5,1	6,0	5,7
Median	5	6	5	5	7	7
Anzahl Arten	18	13	9	9	9	11

Tabelle C-23: Kartierbogen Fort Sarbinowo VJ 2018-S2

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort Sorbinow o/Zornsdorf		Probefl. (m²):	380m²	Aufnahme-Nr.:	VJ 2018-S2
Aufnahmort:	Barquettes linker Oberwall/ Brustwehr		Hochwert	52.621965N	Rechtswert	14.666002E
Nutzungsart:	keine		Datum:	18.04.2018	Höhe über NN:	70m
Bestand:	vermutetes fragm. Aceri-Tilietum in statu-nascendi da Linde erst aufwächst				Exposition:	S
Aspekt:	Frühjahr		Bearbeiter	Junghans/ Schilfert	Neigung:	0-5°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)	>5m	<5m			<5m	ohne Dopplungen
Artenzahl	5	3	8		4	19
Deckungsgrad		90% Baumschicht, 99% Krautschicht ohne Aufgang				
Besonderheiten:		Verbleib und weitere Entwicklung unklar, da Standort deutlich trocken-und warm während der Sommermonate; lichte Struktur und daher gemäßigt beschattet				
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname		Name	Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer
Pinus sylvestris		Wald-Kiefer	B	3		....
Betula pendula		Hänge-Birke	B	3		....
Quercus robur		Stiel-Eiche	B	1		8.4...
Fraxinus excelsior		Gewöhnliche Esche	B	1		8.4.3..
Acer pseudoplatanus		Berg-Ahorn	B	1		8.4.3.4.
Fraxinus excelsior		Gewöhnliche Esche	V	3		8.4.3..
Acer platanoides		Spitz-Ahorn	V	4		8.4.3.4.
Carpinus betulus		Hainbuche	V	1		8.4.3.2.
Tilia platyphyllos		Sommer-Linde	V	1		8.4.3.4.
Crataegus monogyna		Eingrifflicher Weißdorn	S	4		8.4.4..
Prunus avium		Vogel-Kirsche	S	2		8.4.3..
Pyrus pyraeaster		Wildbirne	S	2		8.4...
Vaccinium myrtillus		Heidelbeere	K	1		....
Holcus mollis		Weiches Honiggras	K	1		8.4.1.1.1
Trifolium pratense		Wiesen-Klee	K	1		5.4...
Plantago major		Breit-Wegerich	K	1		....
Agrimonia procera		Großer ODERmennig	K	4		6.1.1.1.
Ranunculus ficaria		Scharbockskraut	K	+		8.4...
Geum urbanum		Gewöhnliche Nelkenwurz	K	+		8.4.3..
Viola odorata		Wohlriechendes Veilchen	K	1		3.5.3..
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)			Sichtungen			
08290	Naturnahe Laubwälder und Laub-Nadelmischwälder (WS)					
08292	frischer und/oder reicher Standorte (WSR)					
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	5,3	5,5	4,4	5,2	6,0	5,8
Median	5	5,5	5	5	7	7
Anzahl Arten	20	14	9	12	9	13

Tabelle C-24: Kartierbogen Fort Sarbinowo VJ 2017-S3

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort Sorbinow o/Zorndorf		Probefl. (m²):	580m²	Aufnahme-Nr.:	VJ 2017-S3
Aufnahmestort:	linke Brustwehrrböschung		Hochwert	52.622182N	Rechtswert	14.666251E
Nutzungsart:	keine		Datum:	03.10.2017	Höhe über NN:	70m
Bestand:	Tilio-Acerion, keine weitere Zuordnung da Differentialarten fehlen				Exposition:	N
Aspekt:	Herbst		Bearbeiter	Junghans/ Schilfert	Neigung:	5-20°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)	>5m	<5m			<5m	ohne Dopplungen
Artenzahl	5	0	1	1	4	9
Deckungsgrad		90% Baumschicht, 50% Verjüngung, nahezu keine Krautschicht				
Besonderheiten:		fehlende Krautschicht verhindert eine weitere soziologische Präzisierung				
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname		Name	Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer
Betula pendula		Hänge-Birke	B	2		....
Populus tremula		Zitter-Pappel	B	3		....
Acer platanoides		Spitz-Ahorn	B	2		8.4.3.4.
Acer pseudoplatanus		Berg-Ahorn	B	2		8.4.3.4.
Quercus robur		Stiel-Eiche	B	2		8.4...
Acer platanoides		Spitz-Ahorn	V	3		8.4.3.4.
Acer pseudoplatanus		Berg-Ahorn	V	3		8.4.3.4.
Tilia platyphyllos		Sommer-Linde	V	2		8.4.3.4.
Robinia pseudoacacia		Robinie	V	1		....
Pteridium aquilinum		Adlerfarn	K	1		....
O		Moos unbest.	M	1		....
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)	Sichtungen					
08290	Naturnahe Laubwälder und Laub-Nadelmischwälder (WS)					
08292	frischer und/oder reicher Standorte (WSR)					
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	5,1	5,7	5,3	5,3	3,0	6,4
Median	4,5	6	5	5,5	3	7
Anzahl Arten	10	7	6	6	1	5

Tabelle C-25: Kartierbogen Fort Sarbinowo VJ-2018-S3

[illegible]

Tabelle C-26: Kartierbogen Fort Sarbinowo VJ 2017-S3.3

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort Sarbinow o/Zorndorf		Probefl. (m²):	120m²	Aufnahme-Nr.:	VJ 2017-S3.3
Aufnahmestort:	Wall Innenbereich		Hochwert	52.621568N	Rechtswert	14.666219E
Nutzungsart:	Lichtung, unregelmäßige Mahd		Datum:	03.10.2017	Höhe über NN:	70m
Bestand:	Cratego-Prunetum Hueck 1931 Lichtung im Tilio-Acerion (Linden-Ahornwald)				Exposition:	O
Aspekt:	Herbst		Bearbeiter	Junghans/ Schilfert	Neigung:	20-30°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)	>5m	<5m			<5m	
Artenzahl	1	2	3	1	3	10
Deckungsgrad		5% Baumschicht, 80% Strauch, lockere Verjüngung				
Besonderheiten:		eine der wenigen Lichtungen und Offenbereiche der Festung, Unregelmäßige Mahd				
B = Baumschicht	S = Strauchschrift	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname		Name	Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer
Carpinus betulus		Hainbuche	B	1		8.4.3.2.
Crataegus monogyna		Eingrifflicher Weißdorn	S	5		8.4.4..
Malus sylvestris		Holz-Apfel	S	1		8.4...
Acer platanoides		Spitz-Ahorn	V	1		8.4.3.4.
Quercus robur		Stiel-Eiche	V	1		8.4...
Tilia platyphyllos		Sommer-Linde	V	+		8.4.3.4.
Holcus mollis		Weiches Honiggras	K	5		8.4.1.1.1
Aruncus dioicus		Wald-Geißbart	K	+		8.4.3..
Artemisia campestris		Feld-Beifuß	K	+		5.2...
O		Moos unbest.	M	+		....
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)			Sichtungen	Helix pomatia	Weinbergschnecke	
07103	Laubgebüsch trockener und sommerwarmer Standorte (BLT)					
071031	überwiegend heimische Arten (BLTH)					
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	5,7	5,7	4,7	4,7	5,5	4,8
Median	5	6	5	5	6	4,5
Anzahl Arten	9	9	6	6	4	6

Tabelle C-27: Kartierbogen Fort Sarbinowo VJ 2018-S3.3

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort Sabinow o/Zorndorf		Probefl. (m²):	120m²	Aufnahme-Nr.:	VJ 2018-S3.3
Aufnahmestort:	Wall Innenbereich		Hochwert	52.621568N	Rechtswert	14.666219E
Nutzungsart:	Lichtung, unregelmäßige Mahd		Datum:	18.04.2018	Höhe über NN:	70m
Bestand:	Cratego-Prunetum Hueck 1931 Lichtung im Tilio-Acerion (Linden-Ahornwald)				Exposition:	O
Aspekt:	Frühjahr		Bearbeiter	Junghans/ Schilfert	Neigung:	20-30°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)	>5m	<5m			<5m	ohne Dopplungen
Artenzahl	1	2	5	1	3	12
Deckungsgrad		5% Baumschicht, 80% Strauch, lockere Verjüngung				
Besonderheiten:		eine der wenigen Lichtungen und Offenbereiche der Festung, Unregelmäßige Mahd, Persistenz der Euphorbia-Art fraglich				
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname		Name	Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer
Carpinus betulus		Hainbuche	B	1		8.4.3.2.
Crataegus monogyna		Eingrifflicher Weißdorn	S	5		8.4.4..
Malus sylvestris		Holz-Äpfel	S	1		8.4...
Acer platanoides		Spitz-Ahorn	V	1		8.4.3.4.
Quercus robur		Stiel-Eiche	V	1		8.4...
Tilia platyphyllos		Sommer-Linde	V	+		8.4.3.4.
Holcus mollis		Weiches Honiggras	K	5		8.4.1.1.1
Euphorbia cyparissias		Zypressen-Wolfsmilch	K	1		5.3...
Primula vulgaris		Stengellose Schlüsselblume	K	1		8.4.3..
Geum urbanum		Gewöhnliche Nelkenwurz	K	1		8.4.3..
Ranunculus nemorosus		Gewöhnlicher Hain-Hahnenfuß	K	1		....
0		Moos unbest.	M	+		....
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)			Sichtungen			
07103	Laubgebüsche trockener und sommerwarmer Standorte (BLT)					
071031	überwiegend heimische Arten (BLTH)					
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	5,6	5,6	4,0	4,8	6,0	4,9
Median	6	6	4,5	5	7	5
Anzahl Arten	11	9	6	8	5	7

Tabelle C-28: Kartierbogen Fort Sarbinowo VJ 2017-S4

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort Sarbinow o/Zorndorf		Probefl. (m²):	320m²	Aufnahme-Nr.:	VJ 2017-S4
Aufnahmort:	Abdeckung über Kapitalpoterne		Hochwert	52.621985N	Rechtswert	14.667280E
Nutzungsart:	keine ersichtlich		Datum:	03.10.2017	Höhe über NN:	75m
Bestand:	Wiese / Lichtung im Mischwald				Exposition:	S
Aspekt:	Herbst		Bearbeiter	Junghans/ Schilfert	Neigung:	<5°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)	>5m	<5m			<5m	
Artenzahl	4	2	3	1	2	12
Deckungsgrad		70% Baumschicht, Krautschicht bodendeckend (100%), Verjüngung und Strauchschicht ca. 20%				
Besonderheiten:		Lichte bis halbschattige Wiese, keine Kiefernverjüngungen, trotz hoher Besatzdichte				
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname		Name	Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer
Pinus sylvestris		Wald-Kiefer	B	3		....
Betula pendula		Hänge-Birke	B	3		....
Acer pseudoplatanus		Berg-Ahorn	B	2		8.4.3.4.
Quercus robur		Stiel-Eiche	B	2		8.4...
Fraxinus excelsior		Gewöhnliche Esche	V	3		8.4.3..
Acer platanoides		Spitz-Ahorn	V	1		8.4.3.4.
Crataegus monogyna		Eingrifflicher Weißdorn	S	2		8.4.4..
Prunus domestica		Pflaume	S	1		....
Holcus mollis		Weiches Honiggras	K	5		8.4.1.1.1
Equisetum arvense		Acker-Schachtelhalm	K	+		....
Aruncus dioicus		Wald-Geißbart	K	+		8.4.3..
O		Moos unbest.	M	1		....
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)			Sichtungen			
08290	Naturnahe Laubwälder und Laub-Nadelmischwälder (WS)					
08292	frischer und/oder reicher Standorte (WSR)					
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	5,5	5,3	4,8	5,3	5,7	5,3
Median	5,5	5	5	5,5	7	5,5
Anzahl Arten	10	6	5	4	3	6

Tabelle C-29: Kartierbogen Fort Sarbinowo VJ 2018-S4

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort Sarbinow o/Zornsdorf		Probefl. (m²):	320m²	Aufnahme-Nr.:	VJ 2018-S4
Aufnahmestort:	Abdeckung über Kapitalpoterne		Hochwert	52.621985N	Rechtswert	14.667280E
Nutzungsart:	keine ersichtlich		Datum:	03.10.2017	Höhe über NN:	75m
Bestand:	Wiese / Lichtung im Mischwald				Exposition:	S
Aspekt:	Herbst		Bearbeiter	Junghans/ Schilfert	Neigung:	<5°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)	>5m	<5m			<5m	ohne Dopplungen
Artenzahl	4	2	1	1	2	10
Deckungsgrad		70% Baumschicht, Krautschicht bodendeckend (100%), Verjüngung und Strauchschicht ca. 20%				
Besonderheiten:		Lichte bis halbschattige Wiese, keine Kiefernverjüngungen, trotz hoher Besatzdichte				
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname		Name	Schicht	Dominanz	Sozialität	nach Oberdorfer
Pinus sylvestris		Wald-Kiefer	B	3		....
Betula pendula		Hänge-Birke	B	3		....
Acer pseudoplatanus		Berg-Ahorn	B	2		8.4.3.4.
Quercus robur		Stiel-Eiche	B	2		8.4...
Fraxinus excelsior		Gewöhnliche Esche	V	3		8.4.3..
Acer platanoides		Spitz-Ahorn	V	1		8.4.3.4.
Crataegus monogyna		Eingrifflicher Weißdorn	S	2		8.4.4..
Prunus domestica		Pflaume	S	1		....
Holcus mollis		Weiches Honiggras	K	5		8.4.1.1.1
O		Moos unbest.	M	+		....
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)			Sichtungen			
08290	Naturnahe Laubwälder und Laub-Nadmischwälder (WS)					
08292	frischer und/oder reicher Standorte (WSR)					
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	5,6	5,4	4,8	5,0	5,7	5,3
Median	6	5	5	5	7	5,5
Anzahl Arten	8	5	4	3	3	4

Tabelle C-30: Kartierbogen Fort Sarbinowo VJ 2017-S5

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort Sarbinow o/Zorndorf		Probefl. (m²):	770m²	Aufnahme-Nr.:	VJ 2017-S5
Aufnahmestort:	Brustwehrrböschung Flanken-Kehlgraben		Hochwert	52.621361N	Rechtswert	14.665415E
Nutzungsart:	keine ersichtlich		Datum:	03.10.2017	Höhe über NN:	72m
Bestand:	Laubmischwald (soziologisch unklares Carpinion betuli)				Exposition:	SW
Aspekt:	Herbst		Bearbeiter	Junghans/ Schilfert	Neigung:	<5°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)	>5m	<5m			<5m	ohne Dopplungen
Artenzahl	5	1	1	0	2	8
Deckungsgrad		100% Baumschicht, Verjüngung und Strauchschicht ca. 20%				
Besonderheiten:		dichter Buambestand, Hainbuche alle Verjüngungsstufen (1-10 Jahre), Totholz, Krater unbewachsen				
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artnamen		Name	Schicht	Dominanz	Sozialität	nach Oberdorfer
Carpinus betulus		Hainbuche	B	4		8.4.3.2.
Robinia pseudoacacia		Robinie	B	1		....
Betula pendula		Hänge-Birke	B	1		....
Pinus sylvestris		Wald-Kiefer	B	3		....
Acer platanoides		Spitz-Ahorn	B	1		8.4.3.4.
Carpinus betulus		Hainbuche	V	2		8.4.3.2.
Acer pseudoplatanus		Berg-Ahorn	V	2		8.4.3.4.
Crataegus monogyna		Eingrifflicher Weißdorn	S	2		8.4.4..
Pteridium aquilinum		Adlerfarn	K	+		....
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)			Sichtungen			
08290	Naturnahe Laubwälder und Laub-Nadelmischwälder (WS)					
08292	frischer und/oder reicher Standorte (WSR)					
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	5,3	5,7	5,5	4,8	5,5	5,5
Median	5	6	5	4,5	5,5	5,5
Anzahl Arten	9	6	6	4	2	4

Tabelle C-31: Kartierbogen Fort Sarbinowo VJ 2018-S5

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort Sarbinow o/Zornsdorf		Probefl. (m²):	770m²	Aufnahme-Nr.:	VJ 2018-S5
Aufnahmort:	Brustwehnböschung Flanken-Kehlgraber		Hochwert	52.621361N	Rechtswert	14.665415E
Nutzungsart:	keine ersichtlich		Datum:	18.04.2018	Höhe über NN:	72m
Bestand:	Laubmischwald (soziologisch unklares Carpinion betuli)				Exposition:	SW
Aspekt:	Frühjahr		Bearbeiter	Junghans/ Schilfert	Neigung:	<5°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)	>5m	<5m			<5m	ohne Dopplungen
Artenzahl	5	1	8	0	4	17
Deckungsgrad		100% Baumschicht, Verjüngung und Strauchschicht ca. 20%				
Besonderheiten:		dichter Baumbestand, Hainbuche alle Verjüngungsstufen (1-10 Jahre), Totholz, Krater unbewachsen,				
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname		Name	Schicht	Dominanz	Sozialität	nach Oberdorfer
Carpinus betulus		Hainbuche	B	4		8.4.3.2.
Robinia pseudoacacia		Robinie	B	1		....
Betula pendula		Hänge-Birke	B	1		....
Pinus sylvestris		Wald-Kiefer	B	3		....
Acer platanoides		Spitz-Ahorn	B	1		8.4.3.4.
Carpinus betulus		Hainbuche	V	2		8.4.3.2.
Acer pseudoplatanus		Berg-Ahorn	V	2		8.4.3.4.
Crataegus monogyna		Eingrifflicher Weißdorn	S	2		8.4.4..
Sorbus aucuparia		Vogelbeere	V	+		....
Hedera helix		Efeu	V	1		8.4...
Urtica dioica		Große Brennnessel	K	1		3.5...
Myosotis sylvatica		Wald-Vergissmeinnicht	K	1		6.2.1..
Geum urbanum		Gewöhnliche Nelkenwurz	K	1		8.4.3..
Fragaria vesca		Wald-Erdbeere	K	1		6.2...
Viola odorata		Wohlriechendes Veilchen	K	1		3.5.3..
Galium aparine		Gewöhnliches Kletten-Labkraut	K	1		3.5...
Agrimonia procera		Großer Odermennig	K	1		6.1.1.1.
Adoxa moschatellina		Moschuskraut	K	1		8.4...
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)			Sichtungen			
08290	Naturnahe Laubwälder und Laub-Nadmischwälder (WS)					
08292	frischer und/oder reicher Standorte (WSR)					
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	5,4	5,7	5,2	5,1	6,3	6,9
Median	5	6	5	5	6,5	7
Anzahl Arten	17	10	10	11	6	11

Tabelle C-32: Kartierbogen Fort Sarbinowo VJ 2017-S6

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort Sarbinow o/Zorndorf		Probefl. (m²):	550m²	Aufnahme-Nr.:	VJ 2017-S6
Aufnahmestort:	Brustwehrrböschung rechter Kehlgraben		Hochwert	52.621044N	Rechtswert	14.667575E
Nutzungsart:	keine ersichtlich		Datum:	03.10.2017	Höhe über NN:	68m
Bestand:	Laubmischwald (Tilio-Acerion), licht				Exposition:	S und N
Aspekt:	Herbst		Bearbeiter	Junghans/ Schilfert	Neigung:	5-10°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)	>5m	<5m			<5m	ohne Dopplungen
Artenzahl	7	3	1	0	2	11
Deckungsgrad		70% Baumschicht, Verjüngung und Strauchschicht ca. 30%				
Besonderheiten:		Verjüngungen aller Alterstrukturen (1m bis ca. 5m), Hedera teilw eise stellenweise bodendeckend				
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname		Name	Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer
Acer platanoides		Spitz-Ahorn	B	4		8.4.3.4.
Acer pseudoplatanus		Berg-Ahorn	B	1		8.4.3.4.
Populus tremula		Zitter-Pappel	B	1		....
Pinus sylvestris		Wald-Kiefer	B	1		....
Quercus robur		Stiel-Eiche	B	1		8.4...
Fraxinus excelsior		Gewöhnliche Esche	B	1		8.4.3..
Betula pendula		Hänge-Birke	B	1		....
Acer platanoides		Spitz-Ahorn	V	2		8.4.3.4.
Acer pseudoplatanus		Berg-Ahorn	V	1		8.4.3.4.
Crataegus monogyna		Eingrifflicher Weißdorn	S	+		8.4.4..
Sorbus aucuparia		Vogelbeere	S	+		....
Hedera helix		Efeu	S	+		8.4...
Bromus ramosus		Gewöhnliche Wald-Trespe	K	+		6.2.1.2.
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)			Sichtungen			
08290	Naturnahe Laubwälder und Laub-Nadelmischwälder (WS)					
08292	frischer und/oder reicher Standorte (WSR)					
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	5,4	5,5	4,7	5,2	6,5	6,2
Median	6	5,5	5	5	7	7
Anzahl Arten	13	8	7	6	4	5

Tabelle C-33: Kartierbogen Fort Sarbinowo VJ 2018-S6

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort Sarbinow o/Zorndorf		Probefl. (m²):	550m²	Aufnahme-Nr.:	VJ 2018-S6
Aufnahmestort:	Brustwehrrböschung rechter Kehlgraben		Hochwert	52.621044N	Rechtswert	14.667575E
Nutzungsart:	keine ersichtlich		Datum:	18.04.2018	Höhe über NN:	68m
Bestand:	Laubmischwald (Tilio-Acerion), licht; Krautschicht Atropion (fragm.)				Exposition:	S und N
Aspekt:	Frühjahr		Bearbeiter	Junghans/ Schilfert	Neigung:	5-10°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)	>5m	<5m			<5m	ohne Dopplungen
Artenzahl	7	3	1	0	2	11
Deckungsgrad		70% Baumschicht, Verjüngung und Strauchschicht ca. 30%				
Besonderheiten:		Verjüngungen aller Alterstrukturen (1m bis ca. 5m), Hedera teilweise stellenweise bodendeckend				
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname		Name	Schicht	Dominanz	Sozialität	nach Oberdorfer
Acer platanoides		Spitz-Ahorn	B	4		8.4.3.4.
Acer pseudoplatanus		Berg-Ahorn	B	1		8.4.3.4.
Populus tremula		Zitter-Pappel	B	1		....
Pinus sylvestris		Wald-Kiefer	B	1		....
Quercus robur		Stiel-Eiche	B	1		8.4...
Fraxinus excelsior		Gewöhnliche Esche	B	1		8.4.3..
Betula pendula		Hänge-Birke	B	1		....
Acer platanoides		Spitz-Ahorn	V	2		8.4.3.4.
Acer pseudoplatanus		Berg-Ahorn	V	1		8.4.3.4.
Crataegus monogyna		Eingrifflicher Weißdorn	S	+		8.4.4..
Sorbus aucuparia		Vogelbeere	S	+		....
Hedera helix		Efeu	S	+		8.4...
Bromus ramosus		Gewöhnliche Wald-Trespe	K	+		6.2.1.2.
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)			Sichtungen			
08290	Naturnahe Laubwälder und Laub-Nadelmischwälder (WS)					
08292	frischer und/oder reicher Standorte (WSR)					
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	5,5	5,6	4,8	5,1	6,5	6,9
Median	5,5	6	5	5	7	7
Anzahl Arten	20	11	10	11	6	12

Tabelle C-34: Kartierbogen Fort Sarbinowo VJ 2017-S7

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort Sarbinow o/Zornsdorf		Probefl. (m²):	730m²	Aufnahme-Nr.:	VJ 2017-S7
Aufnahmestort:	Brustwehrrböschung Flanken-Kehlgraben		Hochwert	52.620767N	Rechtswert	14.668448E
Nutzungsart:	keine ersichtlich		Datum:	03.10.2017	Höhe über NN:	68m
Bestand:	dichter Laubmischwald, strauch- und krautfrei				Exposition:	SO
Aspekt:	Herbst		Bearbeiter	Junghans/ Schilfert	Neigung:	<5°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)	>5m	<5m			<5m	ohne Dopplungen
Artenzahl	6	0	0	0	3	7
Deckungsgrad		100% Baumschicht, Verjüngung ca. 10%				
Besonderheiten:		Verjüngungen aller Altersstrukturen (1m bis ca. 5m) Totholz Malus spec.				
B = Baumschicht	S = Strauchschildt	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname		Name	Schicht	Dominanz	Sozialität	nach Oberdorfer
Acer platanoides		Spitz-Ahorn	B	3		8.4.3.4.
Acer pseudoplatanus		Berg-Ahorn	B	2		8.4.3.4.
Fraxinus excelsior		Gewöhnliche Esche	B	2		8.4.3..
Pinus sylvestris		Wald-Kiefer	B	1		....
Carpinus betulus		Hainbuche	B	1		8.4.3.2.
Acer campestre		Feld-Ahorn	B	1		8.4.1..
Acer platanoides		Spitz-Ahorn	V	1		8.4.3.4.
Carpinus betulus		Hainbuche	V	1		8.4.3.2.
Robinia pseudoacacia		Robinie	V	1		....
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)			Sichtungen			
08290	Naturnahe Laubwälder und Laub-Nadelmischwälder (WS)					
08292	frischer und/oder reicher Standorte (WSR)					
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	4,6	5,9	5,4	5,0	7,0	7,0
Median	4	6	5	5	7	7
Anzahl Arten	9	7	7	3	2	4

Tabelle C-35: Kartierbogen Fort Sarbinowo VJ 2018-S8

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort Sarbinow o/Zornsdorf		Probefl. (m²):	730m²	Aufnahme-Nr.:	VJ 2018-S7
Aufnahmort:	Brustwehnböschung Flanken-Kehlgraben		Hochwert	52.620767N	Rechtswert	14.668448E
Nutzungsart:	keine ersichtlich		Datum:	18.04.2018	Höhe über NN:	68m
Bestand:	dichter Laubmischwald				Exposition:	SO
Aspekt:	Frühjahr		Bearbeiter	Junghans/ Schilfert	Neigung:	<5°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)	>5m	<5m			<5m	ohne Dopplungen
Artenzahl	6	0	6	0	3	13
Deckungsgrad		100% Baumschicht, Verjüngung ca. 10%, Krautschicht ca. 20%				
Besonderheiten:		Verjüngungen aller Alterstrukturen (1m bis ca. 5m) Totholz <i>Malus spec.</i> ; Schlangensichtung (ca. 1m, schwarz bis graubraun, versteckt Totholz) Artenbestimmung unsicher, keine Blindschleiche				
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname		Name	Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer
<i>Acer platanoides</i>		Spitz-Ahorn	B	3		8.4.3.4.
<i>Acer pseudoplatanus</i>		Berg-Ahorn	B	2		8.4.3.4.
<i>Fraxinus excelsior</i>		Gewöhnliche Esche	B	2		8.4.3..
<i>Pinus sylvestris</i>		Wald-Kiefer	B	1		....
<i>Carpinus betulus</i>		Hainbuche	B	1		8.4.3.2.
<i>Acer campestre</i>		Feld-Ahorn	B	1		8.4.1..
<i>Acer platanoides</i>		Spitz-Ahorn	V	1		8.4.3.4.
<i>Carpinus betulus</i>		Hainbuche	V	1		8.4.3.2.
<i>Robinia pseudoacacia</i>		Robinie	V	1		....
<i>Myosotis sylvatica</i>		Wald-Vergissmeinnicht	K	2		6.2.1..
<i>Galium aparine</i>		Gewöhnliches Kletten-Labkraut	K	1		3.5...
<i>Adoxa moschatellina</i>		Moschuskraut	K	2		8.4...
<i>Geum urbanum</i>		Gewöhnliche Nelkenwurz	K	2		8.4.3..
<i>Hedera helix</i>		Efeu	K	2		8.4...
<i>Geranium robertianum</i>		Stinkender Storchschnabel	K	1		3.5.3.2.
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)			Sichtungen	Coronella austriaca	Schlingnatter	unsicher
08290	Naturnahe Laubwälder und Laub-Nadmischwälder (WS)			Gonepteryx rhamni	Zitronenfalter	
08292	frischer und/oder reicher Standorte (WSR)					
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	4,8	5,7	5,3	5,1	6,8	7,2
Median	4	6	5	5	7	7
Anzahl Arten	15	10	10	7	4	9

Tabelle C-36: Kartierbogen Fort Sarbinowo VJ 2017-S8

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort Sarbinow o/Zorndorf		Probefl. (m²):	490m²	Aufnahme-Nr.:	VJ 2017-S8
Aufnahmort:	Vorgraben unter rechter Brustwehr		Hochwert	52.621729N	Rechtswert	14.668397E
Nutzungsart:	keine ersichtlich		Datum:	03.10.2017	Höhe über NN:	72m
Bestand:	Kiefern dominierter Mischwald, nahezu krautfrei				Exposition:	NNO
Aspekt:	Herbst		Bearbeiter	Junghans/ Schilfert	Neigung:	20-30°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)	>5m	<5m			<5m	ohne Dopplungen
Artenzahl	3	0	1	0	3	5
Deckungsgrad		100% Baumschicht, Verjüngung ca. 20% Deckung				
Besonderheiten:		Krautfrei, keine Kiefernverjüngungen, starke Streuschicht aus Kiefernadeln, Verjüngungen max. 3-4 Jahre alt				
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname		Name	Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer
Pinus sylvestris		Wald-Kiefer	B	4		....
Acer platanoides		Spitz-Ahorn	B	2		8.4.3.4.
Acer pseudoplatanus		Berg-Ahorn	B	2		8.4.3.4.
Acer platanoides		Spitz-Ahorn	V	2		8.4.3.4.
Acer pseudoplatanus		Berg-Ahorn	V	2		8.4.3.4.
Carpinus betulus		Hainbuche	V	1		8.4.3.2.
Pteridium aquilinum		Adlerfarn	K	1		....
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)			Sichtungen			
0868x931	Adlerfarn-Kiefernforst mit Laubholzarten (10-30%)					
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	4,7	5,8	5,2	5,7	3,0	5,7
Median	4	6	5	6	3	7
Anzahl Arten	7	4	6	3	1	3

Tabelle C-37: Kartierbogen Fort Sarbinowo VJ 2018-S8

[illegible]

Tabelle C-38: Kartierbogen Fort Sarbinowo VJ 2017-S9

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort Sabinow o/Zornsdorf		Probefl. (m²):	ca. 1000m²	Aufnahme-Nr.:	VJ 2017-S9
Aufnahmestort:	rechter Kehlgraben + Escarpewall		Hochwert	52.620846N	Rechtswert	14.667473E
Nutzungsart:	keine ersichtlich		Datum:	03.10.2017	Höhe über NN:	60-65m
Bestand:	Tilio-Acerion (keine weitere Bestimmung)				Exposition:	Graben
Aspekt:	Herbst		Bearbeiter	Junghans/ Schilfert	Neigung:	
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)	>5m	<5m			<5m	ohne Dopplungen
Artenzahl	7	1	4	1	3	13
Deckungsgrad		90% Baumschicht, Verjüngung ca. 30% Deckung; Krautschicht ca. 60%				
Besonderheiten:		Erfasste Krautarten betreffen den Graben selber, Baumstruktur unabhängig davon, keine Krautschicht auf dem Escarpewall				
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname		Name	Schicht	Dominanz	Sozialität	nach Oberdorfer
Fraxinus excelsior		Gewöhnliche Esche	B	4		8.4.3..
Acer pseudoplatanus		Berg-Ahorn	B	2		8.4.3.4.
Quercus robur		Stiel-Eiche	B	1		8.4...
Carpinus betulus		Hainbuche	B	1		8.4.3.2.
Ulmus glabra		Berg-Ulme	B	1		8.4.3.4.
Acer platanoides		Spitz-Ahorn	B	1		8.4.3.4.
Robinia pseudoacacia		Robinie	B	1		....
Acer platanoides		Spitz-Ahorn	V	2		8.4.3.4.
Acer pseudoplatanus		Berg-Ahorn	V	2		8.4.3.4.
Ulmus glabra		Berg-Ulme	V	1		8.4.3.4.
Sambucus nigra		Schwarzer Holunder	S	1		....
Pteridium aquilinum		Adlerfarn	K	1		....
Hedera helix		Efeu	K	2		8.4...
Geranium robertianum		Stinkender Storchschnabel	K	2		3.5.3.2.
Urtica dioica		Große Brennnessel	K	3		3.5...
		Moos unbest.	M	1		....
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)			Sichtungen			
08290	Naturnahe Laubwälder und Laub-Nadmischwälder (WS)					
08292	frischer und/oder reicher Standorte (WSR)					
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	4,7	5,5	5,1	5,4	6,2	7,1
Median	4	5	5	6	7	7
Anzahl Arten	14	11	7	9	5	10

Tabelle C-39: Kartierbogen Fort Sarbinowo VJ 2018-S9

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort Sarbinow o/Zorndorf		Probefl. (m²):	ca. 1000m²	Aufnahme-Nr.:	VJ 2018-S9
Aufnahmort:	rechter Kehlgraben + Escarpewall		Hochwert	52.620846N	Rechtswert	14.667473E
Nutzungsart:	keine ersichtlich		Datum:	18.04.2018	Höhe über NN:	60-65m
Bestand:	Tilio-Acerion, fragm. Adoxo-Aceretum (unsicher)				Exposition:	Graben
Aspekt:	Frühjahr		Bearbeiter	Junghans/ Schilfert	Neigung:	
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)	>5m	<5m			<5m	ohne Dopplungen
Artenzahl	7	1	8	0	3	16
Deckungsgrad		90% Baumschicht, Verjüngung ca. 30% Deckung; Krautschicht ca. 60%				
Besonderheiten:		Erfasste Kraut arten betreffen den Grabne selber, Baumstruktur unabhängig davon, keine Krautschicht auf dem Escarpewall				
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname		Name	Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer
Fraxinus excelsior		Gewöhnliche Esche	B	4		8.4.3..
Acer pseudoplatanus		Berg-Ahorn	B	2		8.4.3.4.
Quercus robur		Stiel-Eiche	B	1		8.4...
Carpinus betulus		Hainbuche	B	1		8.4.3.2.
Ulmus glabra		Berg-Ulme	B	1		8.4.3.4.
Acer platanoides		Spitz-Ahorn	B	1		8.4.3.4.
Robinia pseudoacacia		Robinie	B	1		....
Acer platanoides		Spitz-Ahorn	V	2		8.4.3.4.
Acer pseudoplatanus		Berg-Ahorn	V	2		8.4.3.4.
Ulmus glabra		Berg-Ulme	V	1		8.4.3.4.
Sambucus nigra		Schwarzer Holunder	S	1		....
Hedera helix		Efeu	K	2		8.4...
Geranium robertianum		Stinkender Storchschnabel	K	2		3.5.3.2.
Urtica dioica		Große Brennnessel	K	2		3.5...
Myosotis sylvatica		Wald-Vergissmeinnicht	K	2		6.2.1..
Adoxa moschatellina		Moschuskraut	K	2		8.4...
Galium aparine		Gewöhnliches Kletten-Labkraut	K	1		3.5...
Geum urbanum		Gewöhnliche Nelkenwurz	K	1		8.4.3..
0		Moos unbest.	K	4		....
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)			Sichtungen			
08290	Naturnahe Laubwälder und Laub-Nadmischwälder (WS)					
08292	frischer und/oder reicher Standorte (WSR)					
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	4,8	5,5	5,2	5,5	6,8	7,5
Median	4	5,5	5	6	7	7
Anzahl Arten	17	12	9	11	6	13

Tabelle C-40: Kartierbogen Fort Sarbinowo VJ 2017-V1

Artenliste zur Vegetationsaufnahme							
Gebiet:	Fort Sarbinow o/Zorndorf		Probefl. (m²):	120m²	Aufnahme-Nr.:	VJ 2017-V1	
Aufnahmort:	Wegrand Innenbereich, kleine Lichtung		Hochwert	52.621365N	Rechtswert	14.666107E	
Nutzungsart:	keine ersichtlich		Datum:	03.10.2018	Höhe über NN:	70m	
Bestand:	nitrophiler Saum (Artemisetea), nicht näher bestimmbar				Exposition:	keine	
Aspekt:	Herbst		Bearbeiter	Junghans/ Schilfert		Neigung:	<5°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt	
Höhe (cm)	>5m	<5m			<5m		
Artenzahl	0	0	1	0	1	2	
Deckungsgrad		80% deckende Verjüngung					
Besonderheiten:							
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel	
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten	
Artname		Name	Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer	
Acer platanoides		Spitz-Ahorn	V	4		8.4.3.4.	
Geranium robertianum		Stinkender Storchschnabel	K	1		3.5.3.2.	
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)	Sichtungen						
05142	Staudenfluren (Säume) frischer, nährstoffreicher Standorte						
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)							
	L	T	K	F	R	N	
Mittelwert	4,5	6,0	5,0	#DIV/0!	#DIV/0!	7,0	
Median	4,5	6	5	#ZAHL!	#ZAHL!	7	
Anzahl Arten	2	1	1	0	0	1	

Tabelle C-41: Kartierbogen Fort Sarbinowo VJ 2018-V1

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort Sorbinow o/Zorndorf		Probefl. (m²):	120m²	Aufnahme-Nr.:	VJ 2018-V1
Aufnahmort:	Wegrand Innenbereich, kleine Lichtung		Hochwert	52.621365N	Rechtswert	14.666107E
Nutzungsart:	keine ersichtlich		Datum:	18.04.2018	Höhe über NN:	70m
Bestand:	nitrophiler Saum (<i>Artemisetea</i>), nicht näher bestimmbar				Exposition:	keine
Aspekt:	Frühjahr		Bearbeiter	Junghans/ Schilfert	Neigung:	<5°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)	>5m	<5m			<5m	
Artenzahl	0	0	5	0	1	6
Deckungsgrad		80% deckende Verjüngung				
Besonderheiten:						
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet	Soz. Verhalten	
Artname	Name		Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer
<i>Acer platanooides</i>	Spitz-Ahorn		V	4		8.4.3.4.
<i>Viola odorata</i>	Wohlriechendes Veilchen		K	1		3.5.3..
<i>Geranium robertianum</i>	Stinkender Storchschnabel		K	1		3.5.3.2.
<i>Rumex acetosa</i>	Großer Sauerampfer		K	1		5.4...
<i>Galium aparine</i>	Gewöhnliches Kletten-Labkraut		K	1		3.5...
<i>Allium vineale</i>	Weinbergs-Lauch		K	1		3.3.1.1.
<div></div>						
<div></div>						
<div></div>						
<div></div>						
<div></div>						
<div></div>						
<div></div>						
<div></div>						
<div></div>						
<div></div>						
<div></div>						
<div></div>						
<div></div>						
<div></div>						
<div></div>						
<div></div>						
<div></div>						
<div></div>						
<div></div>						
<div></div>						
<div></div>						
<div></div>						
<div></div>						
<div></div>						
<div></div>						
<div></div>						
<div></div>						
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)	Sichtungen					
05142	Staudenfluren (Säume) frischer, nährstoffreicher Standorte					
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	5,7	6,3	4,5	4,5	6,0	7,2
Median	5	6	4,5	4,5	6	7
Anzahl Arten	6	4	2	2	1	5

Tabelle C-42: Gesamtartenliste und ökologisches Artverhalten Fort Sarbinowo (PL) 2017 und 2018

Gesamtartenliste und Übersicht ökologisches Artverhalten														
Gebiet:	Fort Sarbinowo						Artenanzahl			47				
Artname	Zeigerwerte						soziologische Zuordnung nach Oberdorfer 2001					Waldart		
	L	T	K	F	R	N	Gruppe	Klasse	Ordnung	Verband	Unterverband	NT	D	
<i>Acer campestre</i>	5	6		x	5	7	6	Laubwälder und v	Quercu-Fagetea (E	Quercetalia robori-		B2.1	B2.1	
<i>Acer platanoides</i>	4	6	5		x	x	x	Laubwälder und v	Quercu-Fagetea (E	Fagetalia (sylvatic: Tilio (platyphylis)		B2.1	B2.1	
<i>Acer pseudoplatanus</i>	4		x	5	6		x	7	Laubwälder und v	Quercu-Fagetea (E	Fagetalia (sylvatic: Tilio (platyphylis)	B2.1	B2.1	
<i>Adoxa moschatellina</i>	5		x	6	6		7	8	Laubwälder und v	Quercu-Fagetea (E		K1.1	K1.1	
<i>Aegopodium podagraria</i>	5	5		x	6		7	8	Krautige Vegetation	Artemisietea (Stick: Glechometalia (nitr: Aegopodion podag		K2.1	K2.1	
<i>Agrimonia procera</i>	5	6		4	5		6	4	Waldnahe Stauden	Trifolio-Geranieta	Origanelalia vulgar: Trifolion medii (Me	K2.2	K2.2	
<i>Allium vineale</i>	5	7	4	4			x	7	Krautige Vegetation	Chenopodieta (He	Polygono-Chenop: Fumario-Euphorbic	K2.2	K2.2	
<i>Artemisia campestris</i>	9	6	5	2		5	2		Anthropo-Zoogene	Sedo-Scleranthetea		K2.2	K2.2	
<i>Aruncus dioicus</i>	4	5	5	6			x	8	Laubwälder und v	Quercu-Fagetea (E	Fagetalia (sylvatic:	K1.1	K1.1	
<i>Betula pendula</i>	7		x		x	x		x	indifferent			B2.1	B2.1	
<i>Bromus ramosus</i>	6	6	3	5		7	6		Waldnahe Stauden	Epilobietea (angust	Atropetalia (= Epilo: Atropion (belladonn	K1.1	K1.1	
<i>Campanula rapunculoides</i>	6	6	5	4		7	4		Waldnahe Stauden	Trifolio-Geranieta	Origanelalia vulgar: Geranium sanguine	K2.2	K2.1	
<i>Carpinus betulus</i>	4	6	5		x		x	x	Laubwälder und v	Quercu-Fagetea (E	Fagetalia (sylvatic: Carpinion betuli (Ei	B1.1	B1.1	
<i>Crataegus monogyna</i>	7	5		x	4		8	4	Laubwälder und v	Quercu-Fagetea (E	Prunetalia spinosa	S2.1	S2.1	
<i>Equisetum arvense</i>	6		x		x	x	~	x	3	indifferent		K2.1	K2.1	
<i>Euphorbia cyparissias</i>	8		x		x	3		x	3	Anthropo-Zoogene	Festuco-Brometea	K2.1	K2.1	
<i>Fragaria vesca</i>	7		x		x	5		x	6	Waldnahe Stauden	Epilobietea (angust	K2.1	K1.2	
<i>Fraxinus excelsior</i>	4	5		x	x		7	7	Laubwälder und v	Quercu-Fagetea (E	Fagetalia (sylvatic:	B2.1	B2.1	
<i>Galium aparine</i>	7	6		x	x		6	8	Krautige Vegetation	Artemisietea (Stick:		K2.1	K2.1	
<i>Geranium robertianum</i>	5		x		x	x		x	7	Krautige Vegetation	Artemisietea (Stick: Glechometalia (nitr: Alliarion (Nitrophile	K2.1	K2.1	
<i>Geum urbanum</i>	4	5		x	5			x	7	Laubwälder und v	Quercu-Fagetea (E	Fagetalia (sylvatic:	K2.1	K2.1
<i>Hedera helix</i>	4	5	4	5			x	x	Laubwälder und v	Quercu-Fagetea (E		S1.1	S1.1	
<i>Holcus mollis</i>	5	5	3	5		2	3		Laubwälder und v	Quercu-Fagetea (E	Quercetalia robori-: Quercion robori-pe: Quercenion robori-	K2.1	K2.1	
<i>Malus sylvestris</i>	7	6		x	5		7	5	Laubwälder und v	Quercu-Fagetea (E		B1.1	B1.1	
<i>Myosotis sylvatica</i>	6		x	5	5			x	7	Waldnahe Stauden	Epilobietea (angust	Atropetalia (= Epilo	K1.2	K1.2
<i>Pinus sylvestris</i>	7		x	6		x		x	x	indifferent		B2.1	B2.1	
<i>Plantago major</i>			x		x					indifferent		O	K2.2	
<i>Populus tremula</i>	6	5		x	5			x	x	indifferent		B2.1	B2.1	
<i>Primula vulgaris</i>	6	5	2	5		7	5		Laubwälder und v	Quercu-Fagetea (E	Fagetalia (sylvatic:	K1.1	K1.1	
<i>Prunus avium</i>	4	5	4	5		7	5		Laubwälder und v	Quercu-Fagetea (E	Fagetalia (sylvatic:	B2.1	B2.1	
<i>Prunus domestica</i>									indifferent			#NV	#NV	
<i>Pteridium aquilinum</i>	6	5		x	5		~	3	3	indifferent		K1.1	K1.1	
<i>Pyrus pyrausta</i>	6	6		x	5		8	x	Laubwälder und v	Quercu-Fagetea (E		B2.1	B2.1	
<i>Quercus robur</i>	7	6		x	x			x	x	Laubwälder und v	Quercu-Fagetea (E	B2.1	B2.1	
<i>Ranunculus ficaria</i>	4	5	3	6		7	7		Laubwälder und v	Quercu-Fagetea (E		#NV	#NV	
<i>Ranunculus nemorosus</i>	6		x	4	5		6	x	indifferent			K2.1	K2.1	
<i>Robinia pseudoacacia</i>	5	6	7	4			x	8	indifferent			B2.1	B2.1	
<i>Rumex acetosa</i>	8		x		x	x		x	6	Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe	K2.2	K2.2	
<i>Sambucus nigra</i>	7	5		x	5			x	9	indifferent		S2.1	S2.1	
<i>Sorbus aucuparia</i>	6		x		x	x	4		x	indifferent		#NV	#NV	
<i>Taraxacum sect. Ruderalia</i>	7		x		x	5		x	8	indifferent		K2.1	K2.1	
<i>Tilia platyphyllos</i>	4	6	5	6			x	7	Laubwälder und v	Quercu-Fagetea (E	Fagetalia (sylvatic: Tilio (platyphylis)	B1.1	B1.1	
<i>Trifolium pratense</i>	7		x		x	5		x	x	Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe	K2.2	K2.2	
<i>Ulmus glabra</i>	4	5		x	6		7	7	Laubwälder und v	Quercu-Fagetea (E	Fagetalia (sylvatic: Tilio (platyphylis)	B1.1	B1.1	
<i>Urtica dioica</i>		x	x		x	6		7	9	Krautige Vegetation	Artemisietea (Stick:	K2.1	K2.1	
<i>Vaccinium myrtillus</i>	5			x	x	2		3	indifferent			K2.1	K2.1	
<i>Viola odorata</i>	5	6		x	5			x	8	Krautige Vegetation	Artemisietea (Stick: Glechometalia (nitr	K1.2	K1.2	
	L	T	K	F	R	N	Zeigerwerte nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017							
Mittelwert	5,7	5,6	4,5	5,0	6,1	6,0								
Median	6,0	6,0	5,0	5,0	7,0	7,0								
StAbw	1,3	0,6	1,2	0,9	1,7	2,0								
Anzahl differenter Arten	44	29	20	33	22	34								
Waldarteneinordnung nach Schmidt et al. (2011) Stand 18.9.2014 0= keine Waldart #NV= keine Listung														

Tabelle C-43: Resultate der TWINSPAN Sortierungen in JUICE 2.0 der Relevees am Standort Fort Sarbinowo (PL)

setting 1																						
Relevee	8	7	10	9	4	3	21	5	6	17	18	14	13	1	2	15	19	20	16	22	11	12
Probefläche	S3.3 2018	S3.3 2017	S4 2018	S4 2017	S2 2018	S2 2017	V1 2017	S3 2017	S3 2018	S8 2017	S8 2018	S6 2018	S6 2017	S0 2017	S0 2018	S7 2017	S9 2017	S9 2018	S7 2018	V1 2018	S5 2017	S5 2018
Hierarchie 1																						
Hierarchie 2																						
Hierarchie 3																						
Hierarchie 4																						
Hierarchie 5																						
Hierarchie 6																						
setting 2																						
Relevee	7	8	9	10	3	4	21	5	6	17	18	14	13	2	1	15	19	20	16	22	12	11
Probefläche	S3.3 2017	S3.3 2018	S4 2017	S4 2018	S2 2017	S2 2018	V1 2017	S3 2017	S3 2018	S8 2017	S8 2018	S6 2018	S6 2017	S0 2018	S0 2017	S7 2017	S9 2017	S9 2018	S7 2018	V1 2018	S5 2018	S5 2017
Hierarchie 1																						
Hierarchie 2																						
Hierarchie 3																						
Hierarchie 4																						
Hierarchie 5																						
Hierarchie 6																						
setting 3																						
Relevee	7	8	9	10	3	4	5	6	17	18	13	14	2	1	15	11	12	16	20	19	21	22
Probefläche	S3.3 2017	S3.3 2018	S4 2017	S4 2018	S2 2017	S2 2018	S3 2017	S3 2018	S8 2017	S8 2018	S6 2017	S6 2018	S0 2018	S0 2017	S7 2017	S5 2017	S5 2018	S7 2018	S9 2018	S9 2017	V1 2017	V1 2018
Hierarchie 1																						
Hierarchie 2																						
Hierarchie 3																						
Hierarchie 4																						
Hierarchie 5																						
Hierarchie 6																						
setting 4																						
Relevee	7	8	10	9	3	4	12	11	16	19	20	15	1	2	13	14	5	6	17	18	22	21
Probefläche	S3.3 2017	S3.3 2018	S4 2018	S4 2017	S2 2017	S2 2018	S5 2018	S5 2017	S7 2018	S9 2017	S9 2018	S7 2017	S0 2017	S0 2018	S6 2017	S6 2018	S3 2017	S3 2018	S8 2017	S8 2018	V1 2018	V1 2017
Hierarchie 1																						
Hierarchie 2																						
Hierarchie 3																						
Hierarchie 4																						
Hierarchie 5																						
Hierarchie 6																						

Tabelle C-44: synoptische Tabelle der Gesellschaftstreue (fidelity) (Phi coefficient A) der TWINSpan Einstellung 2 und Hierarchieebene 2 für den Standort Fort Sarbinowo (PL)

Artname	Schicht	Gruppe Z1		Gruppe Z2	
		Anzahl der Relevees			
		2	4	10	6
		fidelity value			
Acer campestre	B	---	---	2.9	16.1
Acer platanoides	B	---	---	50.0	25.1
Acer platanoides	V	10.0	14.9	28.9	---
Acer pseudoplatanus	B	---	35.6	12.1	---
Acer pseudoplatanus	V	---	---	46.V	14.9
Adoxa moschatellina	K	---	---	---	64.9
Aegopodium podagraria	K	---	---	34.6	---
Agrimonia procera	K	---	26.1	---	16.1
Allium vineale	K	---	---	---	35.6
Artemisia campestris	K	69.0	---	---	---
Aruncus dioicus	K	26.1	38.9	---	---
Betula pendula	B	---	43.0	10.0	---
Bromus ramosus	S				
Campanula rapunculoides	K	---	46.3	---	---
Carpinus betulus	B	41.8	---	---	59.8
Carpinus betulus	V	---	4.3	8.3	5.6
Crataegus monogyna	S	28.9	43.0	---	---
Equisetum arvense	K	---	46.3	---	---
Fragaria vesca	K	---	---	---	35.6
Fraxinus excelsior	B	---	4.3	8.3	5.6
Fraxinus excelsior	V	---	100.0	---	---
Galium aparine	K	---	2.6	---	64.2
Geranium robertianum	K	---	---	---	64.2
Geum urbanum	K	20.6	2.6	---	39.9
Hedera helix	K	---	---	---	50.5
Hedera helix	S	---	---	34.6	---
Hedera helix	V	---	---	---	35.6
Holcus mollis	K	51.6	77.0	---	---
Malus sylvestris	S	100.0	---	---	---
Myosotis sylvatica	K	---	---	---	64.9
Pinus sylvestris	B	---	35.6	12.1	---
Plantago major	K	---	67.1	---	---
Populus tremula	B	---	---	51.6	---
Prunus avium	S	---	67.1	---	---
Prunus domestica	S	---	67.1	---	---
Pteridium aquilinum	K	---	---	35.6	2.0
Pyrus pyraister	S	---	67.1	---	---
Quercus robur	B	---	43.0	10.0	---
Quercus robur	V	100.0	---	---	---
Ranunculus ficaria	K	---	46.3	---	---
Robinia pseudoacacia	B	---	---	---	77.0
Robinia pseudoacacia	V	---	---	28.0	---
Rumex acetosa	K	---	---	---	35.6
Sambucus nigra	K				
Sambucus nigra	S	---	---	4.3	24.1
Sorbus aucuparia	S	---	---	34.6	---
Sorbus aucuparia	V	---	---	---	35.6
Tilia platyphyllos	V	51.6	24.1	---	---
Trifolium pratense	K	---	67.1	---	---
Ulmus glabra	B	---	---	---	51.6
Ulmus glabra	V	---	---	---	51.6
Urtica dioica	K	---	---	---	64.9
Vaccinium myrtillus	K	---	67.1	---	---
Viola odorata	K	---	15.6	---	35.1
Sorbus aucuparia	V	---	---	---	35.6
Tilia platyphyllos	V	51.6	24.1	---	---
Trifolium pratense	K	---	67.1	---	---
Ulmus glabra	B	---	---	---	51.6
Ulmus glabra	V	---	---	---	51.6
Urtica dioica	K	---	---	---	64.9
Vaccinium myrtillus	K	---	67.1	---	---
Viola odorata	K	---	15.6	---	35.1

Tabelle C-45: Kartierbogen Wrocław W-001

C-43

Tabelle C-46: Kartierbogen Wroclaw W-002

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Wroclaw		Probefl. (m²):	20*20m	Aufnahme-Nr.:	W-002
Aufnahmestort:	Infanteriestellung Deich		Hochwert	51.115266N	Rechtswert	17.132499E
Nutzungsart:	keine		Datum:	20.07.2014	Höhe über NN:	116m
Bestand:	ruderaler Spontanvegetation an/auf Betonbunker				Exposition:	keine
Aspekt:	Hochsommer		Bearbeiter	Junghans	Neigung:	0
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)						
Artenzahl	2	0	18		0	20
Deckungsgrad	90% in der Krautschicht auf Abdeckung, <5% auf Betondecke					
Besonderheiten:	loser lückiger Bestand auf Betondecke, nitrophile ruderaler Spontanvegetation randlich auf Sandabdeckung, Fragmente der Glatthaferdominierten Mähwiese des Deichvorlandes (W-002a)					
B = Baumschicht		S = Strauchschicht		K = Krautschicht		V = Verjüngung
						Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname	Name		Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer
<i>Arrhenatherum elatius</i>	Glatthafer		K	5		5.4.2.1.
<i>Dactylis glomerata</i>	Wiesen-Knäuelgras		K	2		....
<i>Urtica dioica</i>	Große Brennnessel		K	1		3.5...
<i>Geranium rotundifolium</i>	Rundblättriger Storchschnabel		K	1		3.3.1.1.
<i>Calystegia sepium</i>	Echte Zaunwinde		K	1		3.5.2..
<i>Silene vulgaris</i> ssp. <i>gallica</i>	Gewöhnliches Taubenkropf-Leimkraut		K	+		....
<i>Cirsium arvense</i>	Acker-Kratzdistel		K	1		3...
<i>Geum urbanum</i>	Gewöhnliche Nelkenwurz		K	1		8.4.3..
<i>Artemisia vulgaris</i>	Gewöhnlicher Beifuß		K	1		3.5...
<i>Potentilla anserina</i>	Gänse-Fingerkraut		K	1		....
<i>Artemisia vulgaris</i>	Gewöhnlicher Beifuß		K	1		5.4.2.1.
<i>Equisetum arvense</i>	Acker-Schachtelhalm		K	1		3.8.1.1.
<i>Galium album</i> ssp. <i>albiflorum</i>	Großblütiges Wiesen-Labkraut i.e.S.		K	1		....
<i>Alopecurus geniculatus</i>	Knick-Fuchsschwanzgras		K	1		5.4.2..
<i>Festuca ovina</i>	Echter Schaf-Schwengel		K	3		....
<i>Achillea millefolium</i>	Gewöhnliche Wiesen-Schafgarbe		K	1		....
<i>Lamium purpureum</i>	Purpurrote Taubnessel i.w.S.		K	1		....
<i>Galium mollugo</i>	Kleinblütiges Wiesen-Labkraut		K	1		....
<i>Prunus domestica</i>	Pflaume		B	+		....
<i>Malus domestica</i>	Garten-Apfel		B	+		....
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)				Sichtung	div. Orthoptera	
					Vanessa atalanta	
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	7,2	5,8	5,0	5,2	6,6	6,1
Median	7	6	4	5	7	7
Anzahl Arten	15	9	3	12	10	15

Tabelle C-47: Kartierbogen Wrocław W-002a

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Wroclaw		Probefl. (m²):	20*20m	Aufnahme-Nr.:	W-002a
Aufnahm ort:	Infanteriestellung Deichv orland		Hochwert	51.115266N	Rechtswert	17.132499E
Nutzungsart:	mehrschürige Mähwiese		Datum :	20.07.2014	Höhe über NN:	116m
Bestand:	wechsels wasserbeeinflusste Glatthafer w eise				Exposition:	keine
Aspekt:	Hochsommer		Bearbeiter	Junghans	Neigung:	0
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)						
Artenzahl	0	0	18		0	18
Deckungsgrad		95% in der Krautschicht				
Besonderheiten:		Deichv orland, Wechsels wasser, Fahrspuren landw . Geräte besiedelt v on Sauergräsern				
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname		Name	Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer
Lythrum salicaria		Blut-Weiderich	K	1		5.4.1.2.
Rumex acetosa		Großer Sauerampfer	K	1		5.4...
Phragmites australis		Schilf	K	2		1.5.1.1.
Arrhenatherum elatius		Glatthafer	K	3		5.4.2.1.
Galium album ssp. alba		Großblütiges Wiesen-Labkraut i.e.S.	K	1		5.4.2.1.
Medicago lupulina		Hopfenklee	K	+		5.3.2.2.
Trifolium pratense		Wiesen-Klee	K	1		5.4...
Potentilla anserina		Gänse-Fingerkraut	K	1		3.8.1.1.
Eleocharis palustris		Gewöhnliche Sumpfbirse	K	+		1.5.1..
Trifolium repens		Weiß-Klee	K	1		3.2.1..
Eleocharis palustris		Gewöhnliche Sumpfbirse	K	+		5.4...
Pericaria dubia		Milder Knöterich	K	1		5.4.1..
Alopecurus pratensis		Wiesen-Fuchsschwanzgras	K	2		5.4...
Juncus conglomeratus		Knäuel-Birne	K	1		5.4...
Poa pratensis		Gewöhnliches Wiesen-Rispengras	K	1		1.5.1..
Holcus lanatus		Wolliges Honiggras	K	2		5.4...
Poa palustris		Sumpf-Rispengras	K	1		....
Sanguisorba officinalis		Großer Wiesenknopf	K	1		....
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)				Sichtung		
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	7,1	5,3	5,3	6,1	6,6	6,0
Median	7	5	5	6	7	6,5
Anzahl Arten	16	10	4	14	9	12

Tabelle C-48: Kartierbogen Wrocław W-003

[illegible]

Tabelle C-49: Kartierbogen Wrocław W-004

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Wroclaw		Probefl. (m²):	50*100m	Aufnahme-Nr.:	W-004
Aufnahmeort:	Infanteriestützpunkt 4		Hochwert	51.150556N	Rechtswert	17.086944E
Nutzungsart:	Sukzession, Museum		Datum:	18.07.2014	Höhe über NN:	113m
Bestand:	lichter Laubwald, Carpinion betuli in statu-nascendi (???)				Exposition:	divers
Aspekt:	früher Hochsommer		Bearbeiter	Junghans	Neigung:	0 bis 20°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)						
Artenzahl	6	1	1		1	9
Deckungsgrad		80-90% in der Baumschicht, keine Krautschicht, wenig Sträucher				
Besonderheiten:		unterholz- und krautfreier Laubwaldbestand, Eichen-Hainbuchenwald (Carpinion-betuli) noch nicht voll entwickelt, weitere Entwicklung fragwürdig				
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname		Name	Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer
Acer platanoides		Spitz-Ahorn	B	2		8.4.3.4.
Acer pseudoplatanus		Berg-Ahorn	B	2		8.4.3.4.
Robinia pseudoacacia		Robinie	B	1		....
Quercus robur		Stiel-Eiche	B	1		8.4...
Crataegus monogyna		Eingrifflicher Weißdorn	S	1		8.4.4..
Populus alba		Silber-Pappel	B	+		8.4.3.3.
Impatiens noli-tangere		Großes Springkraut	K	1		8.4.3.3.
Carpinus betulus		Hainbuche	B	1		8.4.3.2.
Acer platanoides		Spitz-Ahorn	V	1		8.4.3.4.
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)						
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	4,9	5,9	5,7	5,6	7,7	6,2
Median	4	6	5	6	8	6
Anzahl Arten	9	8	7	5	3	5

Tabelle C-50: Kartierbogen Wroclaw W-005

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Wroclaw		Probefl. (m²):	20*20m	Aufnahme-Nr.:	W-011
Aufnahmeort:	Infanteriestützpunkt 18		Hochwert	51.164837N	Rechtswert	17.043383E
Nutzungsart:	keine		Datum:	20.07.2014	Höhe über NN:	118m
Bestand:	Laubgehölz				Exposition:	div.
Aspekt:	früher Hochsommer		Bearbeiter	Junghans	Neigung:	0 bis 20°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)						
Artenzahl	9	1	9		5	24
Deckungsgrad	80% Deckung Krautschicht auf Abdeckung, lichter Strauchbestand					
Besonderheiten:	Doppelstandort, W-011 ca. 100m östlich, umgeben von Feld, ohne Pufferstreifen, Räume feucht bis Stauwasser					
B = Baumschicht S = Strauchschicht K = Krautschicht V = Verjüngung						
				nach Braun-Blanquet		Schlüssel
						Soz. Verhalten
Artname	Name		Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer
<i>Robinia pseudoacacia</i>	Robinie		B	1		....
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Berg-Ahorn		B	1		8.4.3.4.
<i>Acer platanoides</i>	Spitz-Ahorn		B	+		8.4.3.4.
<i>Crataegus monogyna</i>	Eingrifflicher Weißdorn		B	1		8.4.4..
<i>Tilia platyphyllos</i>	Sommer-Linde		B	1		8.4.3.4.
<i>Quercus robur</i>	Stiel-Eiche		B	2		8.4...
<i>Ulmus glabra</i>	Berg-Ulme		B	2		8.4.3.4.
<i>Aesculus hippocastanum</i>	Gewöhnliche Roßkastanie		B	1		....
<i>Carpinus betulus</i>	Hainbuche		B	+		8.4.3.2.
<i>Symphoricarpos albus</i>	Gewöhnliche Schneebeere		S	1		....
<i>Stellaria holostea</i>	Große Sternmiere		K	1		8.4.3.2.
<i>Impatiens noli-tangere</i>	Großes Springkraut		K	1		8.4.3.3.
<i>Urtica dioica</i>	Große Brennnessel		K	2		3.5...
<i>Geranium robertianum</i>	Stinkender Storchschnabel		K	1		3.5.3.2.
<i>Geum urbanum</i>	Gewöhnliche Nelkenwurz		K	2		8.4.3..
<i>Tripleurospermum perforatum</i>	Geruchlose Kamille		K	1		3.3...
<i>Plantago major</i>	Gewöhnlicher Breit-Wegerich		K	1		3.7.1..
<i>Lamium purpureum</i>	Purpurrote Taubnessel i.w. S.		K	1		....
<i>Chelidonium majus</i>	Schöllkraut		K	2		3.5.3..
<i>Robinia pseudoacacia</i>	Robinie		V	1		....
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Berg-Ahorn		V	1		8.4.3.4.
<i>Acer platanoides</i>	Spitz-Ahorn		V	+		8.4.3.4.
<i>Quercus robur</i>	Stiel-Eiche		V	1		8.4...
<i>Carpinus betulus</i>	Hainbuche		V	+		8.4.3.2.
			Sichtungen:			
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)						
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	5,2	5,7	5,3	5,3	6,9	6,8
Median	5	6	5	5	7	7
Anzahl Arten	21	17	12	14	7	16

Tabelle C-51: Kartierbogen Wrocław W-005a

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Wroclaw		Probefl. (m²):	5*20m	Aufnahme-Nr.:	W-005a
Aufnahmeort:	Infanteriestellung		Hochwert	51.123289N	Rechtswert	17.122494E
Nutzungsart:	keine		Datum:	20.07.2014	Höhe über NN:	118m
Bestand:	ruderal beeinflusster trockener Wiesenstandort				Exposition:	div.
Aspekt:	früher Hochsommer		Bearbeiter	Junghans	Neigung:	0°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)						
Artenzahl	0	2	10		0	12
Deckungsgrad		90% Deckung Krautschicht				
Besonderheiten:		Standort A - ruderaler Wiesenstandort auf Abdeckung				
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname		Name	Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer
Arrhenatherum elatius		Glatthafer	K	1		5.4.2.1.
Erigeron acris ssp. acris	Gewöhnliches Scharfes Berufkraut		K	1		5.3.2.2.
Festuca ovina		Echter Schaf-Schwengel	K	3		....
Festuca pratensis		Wiesen-Schwengel	K	3		5.4...
Corynephorus canescens		Silbergras	K	1		5.2.2.1.
Rumex obtusifolius		Stumpfbältriger Ampfer	K	1		3.8.1.1.
Vicia cracca		Gew öhnliche Vogel-Wicke	K	1		5.4...
Rubus vulgaris		Gewöhnliche Brombeere	K	1		8.5.1.1.2
Agrostis stolonifera		Weißes Straußgras	K	1		3.8.1..
Dactylis glomerata		Wiesen-Knäuelgras	K	1		....
Crataegus monogyna		Eingrifflicher Weißdorn	S	+		8.4.4..
Malus domestica		Garten-Apfel	S	1		....
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)						
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	7,6	5,1	4,7	5,0	5,3	4,6
Median	8	5	4	5	5	4,5
Anzahl Arten	11	7	7	9	6	10

Tabelle C-52: Kartierbogen Wrocław W-005b

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Wroclaw		Probefl. (m²):	5*10m	Aufnahme-Nr.:	W-005b
Aufnahmeort:	Infanteriestellung		Hochwert	51.123289N	Rechtswert	17.122494E
Nutzungsart:	keine		Datum:	20.07.2014	Höhe über NN:	118m
Bestand:	ruderal beeinflusster feuchter Standort				Exposition:	div.
Aspekt:	früher Hochsommer		Bearbeiter	Junghans	Neigung:	0°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)						
Artenzahl	0	0	3		0	3
Deckungsgrad		90% Deckung Krautschicht				
Besonderheiten:		Standort B - Stauwasser beeinflusster Standort in südlichen Rückseite der Stellung				
B = Baumschicht	S = Strauchschildt	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
						nach Braun-Blanquet
Artnamen		Name	Schicht	Dominanz	Soziabilität	soz. Verhalten nach Oberdorfer
<i>Phragmites australis</i>		Schilf	K	5		1.5.1.1.
<i>Galium aparine</i>		Gewöhnliches Kletten-Labkraut	K	1		3.5...
<i>Urtica dioica</i>		Große Brennnessel	K	1		3.5...
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)						
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	7,0	5,5	#DIV/0!	8,0	6,7	8,0
Median	7	5,5	#ZAHL!	8	7	8
Anzahl Arten	2	2	0	2	3	3

Tabelle C-53: Kartierbogen Wrocław W-005c

[illegible]

Tabelle C-54: Kartierbogen Wroclaw W-005c

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Wroclaw		Probefl. (m²):	20*20m	Aufnahme-Nr.:	W-006
Aufnahmeort:	Infanteriestützpunkt 6		Hochwert	51.164837N	Rechtswert	17.043383E
Nutzungsart:	keine		Datum:	20.07.2014	Höhe über NN:	118m
Bestand:	Laubgehölz				Exposition:	div.
Aspekt:	früher Hochsommer		Bearbeiter	Junghans	Neigung:	0 bis 20°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)						
Artenzahl	9	1	9		5	24
Deckungsgrad	80% Deckung Krautschicht auf Abdeckung, lichter Strauchbestand					
Besonderheiten:	Doppelstandort, W-011 ca. 100m östlich, umgeben von Feld, ohne Pufferstreifen, Räume feucht bis Stauwasser					
B = Baumschicht S = Strauchschicht K = Krautschicht V = Verjüngung						
				nach Braun-Blanquet		Schlüssel
						Soz. Verhalten
Artname	Name		Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer
<i>Robinia pseudoacacia</i>	Robinie		B	1		....
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Berg-Ahorn		B	1		8.4.3.4.
<i>Acer platanoides</i>	Spitz-Ahorn		B	+		8.4.3.4.
<i>Crataegus monogyna</i>	Eingrifflicher Weißdorn		B	1		8.4.4..
<i>Tilia platyphyllos</i>	Sommer-Linde		B	1		8.4.3.4.
<i>Quercus robur</i>	Stiel-Eiche		B	2		8.4...
<i>Ulmus glabra</i>	Berg-Ulme		B	2		8.4.3.4.
<i>Aesculus hippocastanum</i>	Gewöhnliche Roßkastanie		B	1		....
<i>Carpinus betulus</i>	Hainbuche		B	+		8.4.3.2.
<i>Symphoricarpos albus</i>	Gewöhnliche Schneebeere		S	1		....
<i>Stellaria holostea</i>	Große Sternmiere		K	1		8.4.3.2.
<i>Impatiens noli-tangere</i>	Großes Springkraut		K	1		8.4.3.3.
<i>Urtica dioica</i>	Große Brennnessel		K	2		3.5...
<i>Geranium robertianum</i>	Stinkender Storchschnabel		K	1		3.5.3.2.
<i>Geum urbanum</i>	Gewöhnliche Nelkenwurz		K	2		8.4.3..
<i>Tripleurospermum perforatum</i>	Geruchlose Kamille		K	1		3.3...
<i>Plantago major</i>	Gewöhnlicher Breit-Wegerich		K	1		3.7.1..
<i>Lamium purpureum</i>	Purpurrote Taubnessel i.w. S.		K	1		....
<i>Chelidonium majus</i>	Schöllkraut		K	2		3.5.3..
<i>Robinia pseudoacacia</i>	Robinie		V	1		....
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Berg-Ahorn		V	1		8.4.3.4.
<i>Acer platanoides</i>	Spitz-Ahorn		V	+		8.4.3.4.
<i>Quercus robur</i>	Stiel-Eiche		V	1		8.4...
<i>Carpinus betulus</i>	Hainbuche		V	+		8.4.3.2.
			Sichtungen:			
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)						
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	5,2	5,7	5,3	5,3	6,9	6,8
Median	5	6	5	5	7	7
Anzahl Arten	21	17	12	14	7	16

Tabelle C-55: Kartierbogen Wrocław W-007

[illegible]

Tabelle C-56: Kartierbogen Wrocław W-008

[illegible]

Tabelle C-57: Kartierbogen Wrocław W-009

[illegible]

Tabelle C-58: Kartierbogen Wrocław W-010

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Wroclaw		Probefl. (m²):	20*50m	Aufnahme-Nr.:	W-010
Aufnahmeort:	Brama Cegliarska		Hochwert	51.111151N	Rechtswert	17.045475E
Nutzungsart:	Wiese, mehrschürige Mahd		Datum:	19.07.2014	Höhe über NN:	122m
Bestand:	trockener Ruderalstandort im Innenstadtbereich				Exposition:	S
Aspekt:	früher Hochsommer		Bearbeiter	Junghans	Neigung:	0 bis 20°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)						
Artenzahl	0	0	19		0	19
Deckungsgrad		100% in der Krautschicht				
Besonderheiten:		innerstädtischer sonnenexponierter Standort				
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname		Name	Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer
Cichorium intybus		Gewöhnliche Wegwarte	K	1		3....
Trifolium repens		Weiß-Klee	K	2		5.4.2.3.
Trifolium pratense		Wiesen-Klee	K	1		5.4...
Medicago lupulina		Hopfenklee	K	1		5.3.2.2.
Lotus corniculatus		Gewöhnlicher Hornklee	K	+		5....
Calystegia sepium		Echte Zaunwinde	K	1		3.5.2..
Trifolium hybridum		Schweden-Klee	K	+		3.8.1.1.
Artemisia vulgaris		Gewöhnlicher Beifuß	K	1		3.5...
Daucus carota		Wilde Möhre	K	+		3.5.4.2.
Sisymbrium officinale		Weg-Rauke	K	1		3.3.3.1.
Rumex crispus		Krauser Ampfer	K	+		3.8.1.1.
Elymus repens		Kriech-Quecke	K	3		3.6.1..
Festuca ovina		Echter Schaf-Schwingel	K	2		....
Dactylis glomerata		Wiesen-Knäuelgras	K	3		....
Alopecurus pratensis		Wiesen-Fuchsschwanzwilgras	K	2		5.4...
Echium vulgare		Gewöhnlicher Natternkopf	K	+		3.5.4.2.
Erigeron acris ssp. acris		Gewöhnliches Scharfes Berberkraut	K	1		5.3.2.2.
Anthemis arvensis		Acker-Hundskamille	K	1		3.4...
Cirsium oleraceum		Kohl-Kratzdistel	K	+		5.4.1.5.
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)						
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	7,4	5,8	4,7	5,0	6,8	5,4
Median	7	6	5	5	7	6
Anzahl Arten	19	12	3	17	12	17

Tabelle C-59: Kartierbogen Wrocław W-011

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Wroclaw		Probefl. (m²):	20*60m	Aufnahme-Nr.:	W-011
Aufnahmeort:	Infanterieraum 15		Hochwert	51.073962N	Rechtswert	16.995964E
Nutzungsart:	keine Nutzung, Sukzession Wald		Datum:	19.07.2014	Höhe über NN:	122m
Bestand:	waldähnliche Hecken- & Baumstruktur				Exposition:	S
Aspekt:	früher Hochsommer		Bearbeiter	Junghans	Neigung:	0 bis 20°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)						
Artenzahl	4	0	5		1	10
Deckungsgrad		Kronenschluß in der Baumschicht				
Besonderheiten:		Bunker gesprengt, waldähnliche Struktur, Betondeckel nur sehr bedingt überwuchert				
B = Baumschicht	S = Strauchschildt	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname		Name	Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer
Robinia pseudoacacia		Robinie	B	1		....
Acer pseudoplatanus		Berg-Ahorn	B	2		8.4.3.4.
Acer platanoides		Spitz-Ahorn	B	2		8.4.3.4.
Sambucus nigra		Schwarzer Holunder	B	1		....
Tilia platyphyllos		Sommer-Linde	V	1		8.4.3.4.
Urtica dioica		Große Brennnessel	K	1		3.5...
Geranium robertianum		Stinkender Storchschnabel	K	2		3.5.3.2.
Geum urbanum		Gewöhnliche Nelkenwurz	K	1		8.4.3..
Agrostis stolonifera		Weißes Straußgras	K	1		3.8.1..
Solidago canadensis		Kanadische Goldrute	K	1		3.5...
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)						
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	5,4	5,7	5,4	5,6	7,0	7,2
Median	5	6	5	6	7	7
Anzahl Arten	9	6	5	7	1	9

Tabelle C-60: Kartierbogen Wrocław W-012a

[illegible]

Tabelle C-61: Kartierbogen Wrocław W-012b

[illegible]

Tabelle C-62: Gesamtartenliste und ökologisches Artverhalten Forts Wrocław (PL) 2014

Gesamtartenliste und Übersicht ökologisches Artverhalten															
Gebiet:	Forts Wrocław										Artenanzahl	87			
Artname	Zeigerwerte							soziologische Zuordnung nach Oberdorfer 2001					Waldart		
	L	T	K	F	R	N		Gruppe	Klasse	Ordnung	Verband	Unterverband	NT	D	
<i>Acer platanoides</i>	4		5	x		x	x	Laubwälder und v	Quercu-Fagetea (E Fagelalia (sylvatic; Tilio (platyphyllis)				B2.1	B2.1	
<i>Acer pseudoplatanus</i>	4		x	5	6		x	7	Laubwälder und v	Quercu-Fagetea (E Fagelalia (sylvatic; Tilio (platyphyllis)			B2.1	B2.1	
<i>Achillea millefolium</i>	8		x	x	4		x	5	Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe	Arrhenatheretalia (C		K2.2	K2.2	
<i>Aegopodium podagraria</i>	5	5		x	6		7	8	Krautige Vegetation	Artemisietea (Stick: Glechometalia (nitro	Aegopodion podag		K2.1	K2.1	
<i>Aesculus hippocastanum</i>			6						indifferent				B2.2	B2.2	
<i>Agrostis capillaris</i>	7		x	x	x		4	4	Anthropo-Zoogene				K2.1	K2.1	
<i>Agrostis stolonifera</i>	8		x	5	7	~	x	5	Krautige Vegetation	Agrostietea stolonif	Agrostietalia stolon		K2.2	K2.2	
<i>Alopecurus geniculatus</i>	9	6		x	8	=	7	7	Krautige Vegetation	Agrostietea stolonif	Agrostietalia stolon	Agropyro-Rumicior	#NV	#NV	
<i>Alopecurus pratensis</i>	6		x	x	6		6	7	Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe			K2.2	K2.2	
<i>Anthemis arvensis</i>	7	6	4	4		6	6		Krautige Vegetation	Secalietea (Getreid			#NV	#NV	
<i>Armeria maritima ssp. elongata</i>	7	6	5	3		6	!	2	!	Anthropo-Zoogene	Festuco-Brometea	Brometalia (erecti)	Koelerio-Pheilon ph	#NV	#NV
<i>Arrhenatherum elatius</i>	8	5	4		x		7	7	Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe	Arrhenatheretalia (C	Arrhenatherion elat	K2.2	K2.2	
<i>Artemisia vulgaris</i>	7	6		x	6		x	8	Krautige Vegetation	Artemisietea (Stick:			#NV	#NV	
<i>Bromus erectus</i>	8	5	4	3		8	3		Anthropo-Zoogene	Festuco-Brometea	Brometalia (erecti)		O	K2.2	
<i>Calystegia sepium</i>	8	6		x	6		7	9	Krautige Vegetation	Artemisietea (Stick: Calystegietalia (Nit			K2.2	K2.2	
<i>Carpinus betulus</i>	4	6	5		x		x	x	Laubwälder und v	Quercu-Fagetea (E Fagelalia (sylvatic; Carpinion betuli (Ei			B1.1	B1.1	
<i>Chelidonium majus</i>	6	6		x	5		x	8	Krautige Vegetation	Artemisietea (Stick: Glechometalia (nitro			K2.1	K2.1	
<i>Cichorium intybus</i>	9	6		x	4		8	5	Krautige Vegetation				#NV	#NV	
<i>Cirsium arvense</i>	8	5		x	x		x	7	Krautige Vegetation				K2.2	K2.2	
<i>Cirsium oleraceum</i>	6		x	5	7		7	5	Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe	Molinietalia caerule	Calthion (Sumpfdot	K2.1	K2.1	
<i>Corynephorus canescens</i>	8	6	4	2		3	2		Anthropo-Zoogene	Sedo-Scleranthete	Corynephorotalia	Corynephorion (ca	K2.2	K2.2	
<i>Crataegus monogyna</i>	7	5		x	4		8	4	Laubwälder und v	Quercu-Fagetea (E Prunetalia spinosa			S2.1	S2.1	
<i>Crepis biennis</i>	7	5	4	6	!		6	5	Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe	Arrhenatheretalia (C	Arrhenatherion elat	#NV	#NV	
<i>Dactylis glomerata</i>	7		x	x	5		x	6	indifferent				K2.2	K2.2	
<i>Daucus carota</i>	8	6		x	4		x	4	Krautige Vegetation	Artemisietea (Stick: Onopordietalia (Bie Dauco-Melilotion (N			K2.2	K2.2	
<i>Echium vulgare</i>	9	6		x	4		8	4	Krautige Vegetation	Artemisietea (Stick: Onopordietalia (Bie Dauco-Melilotion (N			#NV	#NV	
<i>Eleocharis palustris</i>	8		x	x	#		x	?	Süßwasser- und N	Littorelletea (Strand Littorelletea (Euro			#NV	#NV	
<i>Elymus repens</i>	7	6		x	x	~	x	7	Krautige Vegetation	Agropyrete	Quercu Agropyretalia interr		#NV	#NV	
<i>Equisetum arvense</i>	6		x	x	x	~	x	3	indifferent				K2.1	K2.1	
<i>Erigeron acris ssp. acris</i>	9	5		x	4		8	2	!	Anthropo-Zoogene	Festuco-Brometea	Brometalia (erecti)	Mesobromion (Kall	#NV	#NV
<i>Euphorbia cyparissias</i>	8			x	3		x	3	Anthropo-Zoogene	Festuco-Brometea			K2.1	K2.1	
<i>Festuca ovina</i>	7	!	x	x	x		3	!	!	indifferent			K2.1	K2.1	
<i>Festuca pratensis</i>	8		x	3	6		x	6	Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe			#NV	#NV	
<i>Fraxinus excelsior</i>	4	5		x	x		7	7	Laubwälder und v	Quercu-Fagetea (E Fagelalia (sylvatic;			B2.1	B2.1	
<i>Galium album ssp. album</i>	7		x	x	5		7	5	Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe	Arrhenatheretalia (C	Arrhenatherion elat	#NV	#NV	
<i>Galium aparine</i>	7	6		x	x		6	8	Krautige Vegetation	Artemisietea (Stick:			K2.1	K2.1	
<i>Galium mollugo</i>	7	6	4	4		7		?	indifferent				#NV	#NV	
<i>Geranium robertianum</i>	5		x	x	x		x	7	Krautige Vegetation	Artemisietea (Stick: Glechometalia (nitro	Alliarion (Nitrophile		K2.1	K2.1	
<i>Geranium rotundifolium</i>	7	8		x	4		7	6	Krautige Vegetation	Chenopodietea (Ha	Polygono-Chenopox	Fumario-Euphorbic	#NV	#NV	
<i>Geum urbanum</i>	4	5		x	5		x	7	Laubwälder und v	Quercu-Fagetea (E Fagelalia (sylvatic;			K2.1	K2.1	
<i>Holcus lanatus</i>	7	6	4	6			x	5	!	Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe			K2.2	K2.2
<i>Impatiens noli-tangere</i>	4	5	6	7		7	6		Laubwälder und v	Quercu-Fagetea (E Fagelalia (sylvatic; Alno-Ulmion (mino			K1.1	K1.1	
<i>Juncus conglomeratus</i>	8	5		x	7	~	4	3	!	Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe	Molinietalia caerule		K2.2	K2.2
<i>Lamium purpureum</i>	7	5		x	5		7	7	indifferent				#NV	#NV	
<i>Lolium perenne</i>	8	6		x	5		7	!	7	Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe	Arrhenatheretalia (C	Cynosurion (Fett,	#NV	#NV
<i>Lotus corniculatus</i>	7			x	4		7	3	Anthropo-Zoogene				K2.2	K2.2	
<i>Lythrum salicaria</i>	7	5		x	8	~	6	!	x	Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe	Molinietalia caerule	Filipendulion (Nass	K2.1	K2.1
<i>Malus domestica</i>			7						indifferent				#NV	#NV	
<i>Medicago lupulina</i>	7	5		x	4		8	x	Anthropo-Zoogene	Festuco-Brometea	Brometalia (erecti)	Mesobromion (Kall	O	K2.2	
<i>Oxalis acetosella</i>	1		x	x	5		4	6	indifferent				K1.1	K1.1	
<i>Persicaria dubia</i>	7	6		x	8		6	7	Krautige Vegetation	Bidentetalia (tripartit	Bidentetalia (triparti		K2.2	K2.2	
<i>Phalaris arundinacea</i>	7	5		x	8	~	7	7	Süßwasser- und N	Littorelletea (Strand Littorelletea (Euro			K2.1	K2.1	
<i>Phleum pratense</i>	7		x	x	5		x	7	Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe	Arrhenatheretalia (C	Cynosurion (Fett,	#NV	#NV	
<i>Phragmites australis</i>	7	5		x	1		7	7	!	Süßwasser- und N	Littorelletea (Strand Littorelletea (Euro	Isoetion lacustris (E	K2.2	K2.2	
<i>Plantago major</i>	8		x	x	5		x	6	Krautige Vegetation	Plantaginetea (Tritit	Plantaginetalia (ma		O	K2.2	
<i>Poa palustris</i>	7	5	7	9		=	8	7	Süßwasser- und N	Littorelletea (Strand Littorelletea (Euro			K2.2	K2.2	

Fortsetzung Tabelle C-62: Gesamtartenliste und ökologisches Artverhalten Forts Wrocław 2014

Fortsetzung Gesamtartenliste und Übersicht ökologisches Artverhalten																
Gebiet:		Forts Wroclaw														
Artname	Zeigerwerte							soziologische Zuordnung nach Oberdorfer 2001					Waldart			
	L	T	K	F		R	N	Gruppe	Klasse	Ordnung	Verband	Unterverband	NT	D		
Poa pratensis	6		x	x	5		x	6	Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe				K2.2	K2.2	
Poa trivialis	6		x	x	7		x	7	Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe				K2.1	K2.1	
Populus alba	5	7	7	7	!	~	8	6	Laubwälder und ve	Quercu-Fagetea (E Fagetalia (sylvatic	Alno-Ulmion (mino			B2.1	B2.1	
Potentilla anserina	7	6		x	6	~	x	7	Krautige Vegetatio	Agrostietea stolon	Agrostietalia stolon	Agropyro-Rumicior		#NV	#NV	
Prunus avium	4	5	4	5		7	5		Laubwälder und ve	Quercu-Fagetea (E Fagetalia (sylvatic				B2.1	B2.1	
Prunus cerasus agg.									indifferent					#NV	#NV	
Prunus domestica									indifferent					#NV	#NV	
Prunus spinosa	7	5		x	4		7	x	Laubwälder und ve	Quercu-Fagetea (E Prunetalia spinosa				S2.1	S2.1	
Quercus robur	7	6		x	x		x	x	Laubwälder und ve	Quercu-Fagetea (E				B2.1	B2.1	
Robinia pseudoacacia	5	6	7	4		x	8		indifferent					B2.1	B2.1	
Rosa canina	8	5		x	4		x	x	Laubwälder und ve	Quercu-Fagetea (E Prunetalia spinosa				S2.1	S2.1	
Rubus vulgaris	8	5	3	5		3	!	4	Laubwälder und ve	#NV	#NV	#NV	#NV	#NV	#NV	
Rumex acetosa	8		x	x	x		x	6	Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe				K2.2	K2.2	
Rumex crispus	7	5		x	7	~	x	6	Krautige Vegetatio	Agrostietea stolon	Agrostietalia stolon	Agropyro-Rumicior		#NV	#NV	
Rumex obtusifolius	7	5		x	6		x	9	Krautige Vegetatio	Agrostietea stolon	Agrostietalia stolon	Agropyro-Rumicior		O	K2.2	
Sambucus nigra	7	5		x	5		x	9	indifferent					S2.1	S2.1	
Sanguisorba officinalis	7	5	6	6	~	x	5		Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe				O	K2.2	
Silene vulgaris ssp. vulgaris	8		x	x	4	~	7	4	!	indifferent				#NV	#NV	
Sisymbrium officinale	8	6		x	4		x	7	Krautige Vegetatio	Chenopodietea (H. Sisymbrietalia (Ra	Sisymbion (Rauke			#NV	#NV	
Solidago canadensis	8	6		x	x		x	6	Krautige Vegetatio	Artemisietea (Stic				K2.2	K2.2	
Stellaria holostea	5	6		x	5		6	5	Laubwälder und ve	Quercu-Fagetea (E Fagetalia (sylvatic	Carpinion betuli (E			K1.1	K1.1	
Symphoricarpos albus				x					indifferent					S2.2	S2.2	
Tilia platyphyllos	4	6	5	6		x	7		Laubwälder und ve	Quercu-Fagetea (E Fagetalia (sylvatic	Tilio (platyphyllos) -			B1.1	B1.1	
Trifolium arvense	8	6		x	3		2	1	Anthropo-Zoogene	Sedo-Scleranthete				#NV	#NV	
Trifolium hybridum	7	6	5	6		7	5		Krautige Vegetatio	Agrostietea stolon	Agrostietalia stolon	Agropyro-Rumicior		#NV	#NV	
Trifolium pratense			x	x	5		x	x	Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe				K2.2	K2.2	
Trifolium repens	8		x	x	5		6	6	Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe	Arrhenatheretalia (	Cynosurion (Fett-		K2.2	K2.2
Tripleurospermum perforatum	7	6	3		x		6	6	Krautige Vegetatio	Chenopodietea (H.				#NV	#NV	
Ulmus glabra	4	5		x	6		7	7	Laubwälder und ve	Quercu-Fagetea (E Fagetalia (sylvatic	Tilio (platyphyllos) -			B1.1	B1.1	
Urtica dioica		x	x	x	6		7	9	Krautige Vegetatio	Artemisietea (Stic				K2.1	K2.1	
Vicia cracca	7	5	7	6		x	x		Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe				O	K2.2	
	L	T	K	F		R	N	Zeigerwerte nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017								
Mittelwert	6,8	5,6	4,9	5,3		6,4	5,8									
Median	7,0	6,0	5,0	5,0		7,0	6,0								Waldarteneinordnung nach Schmidt et al. (2011)	
StAbw	1,5	0,6	1,3	1,6		1,5	1,9								Stand 18.9.2014	
Anzahl differenter Arten	80	56	26	66		46	71								0= keine Waldart #NV= keine Listung	

Tabelle C-63: Resultate der TWINSpan Sortierungen in JUICE 2.0 der Relevés am Standort Wrocław (PL)

setting 1																		
Relevée	11	8	1	12	7	15	3	2	10	5	13	17	4	16	9	14	6	
Probefläche	W-005b	W-002a	W-010	W-005c	W-002	W-007	W-003	W-001	W-005a	W-012b	W-004	W-008a	W-012a	W-009	W-005	W-006	W-011	
Hierarchie 1	Arrhenaterum-Artemisia Gruppe										Robinia-Acer Gruppe							
Hierarchie 2	Trifolium prat.			Achillea-Artemisia-Untergruppe						Impatiens-Acer gruppe							Sambucus	
Hierarchie 3																		
Hierarchie 4	Phragmites			Achillea-Solidago canadensis Untergruppe						Corynephorus								
Hierarchie 5																		
Hierarchie 6	Trifolium rep. Gruppe						Silene vulg.						Populus alba Fraxinus Gruppe		Tilia p.-Chelidonium Gruppe			
setting 2																		
Relevée	11	8	1	12	3	15	7	2	10	5	17	13	4	14	9	16	6	
Probefläche	W-005b	W-002a	W-010	W-005c	W-003	W-007	W-002	W-001	W-005a	W-012b	W-008a	W-004	W-012a	W-006	W-005	W-009	W-011	
Hierarchie 1	Arrhenaterum-Artemisia Gruppe										Robinia-Acer Gruppe							
Hierarchie 2				Achillea-Artemisia-Untergruppe						Impatiens-Acer gruppe							Sambucus	
Hierarchie 3																		
Hierarchie 4				Achillea-Solidago canadensis Untergruppe						Populus alba-Frax. Gr.								
Hierarchie 5																		
Hierarchie 6				Alopecurus										Tilia p.-Chelidonium Gruppe				
setting 3																		
Relevée	11	8	1	10	2	3	15	7	5	12	17	13	4	14	9	16	6	
Probefläche	W-005b	W-002a	W-010	W-005a	W-001	W-003	W-007	W-002	W-012b	W-005c	W-008a	W-004	W-012a	W-006	W-005	W-009	W-011	
Hierarchie 1	Arrhenaterum-Artemisia Gruppe										Robinia-Acer Gruppe							
Hierarchie 2	Phragmites Gruppe			Achillea-Artemisia-Untergruppe						Impatiens-Acer gruppe							Sambucus	
Hierarchie 3																		
Hierarchie 4				Achillea-Cirsium gruppe						Fraxinus-Populus								
Hierarchie 5																		
Hierarchie 6														Stellaria-Ulmus				
setting 4																		
Relevée	8	11	5	10	1	12	7	3	15	2	13	4	6	17	16	9	14	
Probefläche	W-002a	W-005b	W-012b	W-005a	W-010	W-005c	W-002	W-003	W-007	W-001	W-004	W-012a	W-011	W-008a	W-009	W-005	W-006	
Hierarchie 1	Arrhenaterum-Artemisia Gruppe										Robinia-Acer Gruppe							
Hierarchie 2	Phragmites Persicaria dub. Gruppe			Artemisia-Achillea-Untergruppe						Acer pl.-Fraxinus- Populus alba Gruppe							Tilia p.-Chelidonium Gruppe	
Hierarchie 3																		
Hierarchie 4				Erigeron-Festuca ovina Untergruppe						Achillea-Solidago canadensis Untergruppe								
Hierarchie 5																		
Hierarchie 6							Prunus Gruppe											

Tabelle C-64: synoptische Tabelle der Gesellschaftstreue (fidelity) (Phi coefficient A) der TWINSpan Einstellung 4 und Hierarchieebene 4 für den Gesamtartenbestand der Forts Wroclaw (PL) (Farbcodierung analog zu setting 4 in Tabelle C-63)

Artname	Schicht	Anzahl der Relevees					
		2	3	3	2	4	3
Acer platanoides	B	---	---	---	---	75.1	30.4
Acer platanoides	V	---	---	---	---	55.5	37.8
Acer pseudoplatanus	V	---	---	---	---	10.7	59.5
Acer pseudoplatanus	B	---	---	---	---	55.5	37.8
Achillea millefolium	K	---	4.0	71.7	16.5	---	---
Aegopodium podagraria	K	---	---	---	---	45.1	---
Aesculus hippocastanum	B	---	---	---	---	10.7	59.5
Agrostis capillaris	K	---	---	54.0	---	---	---
Agrostis stolonifera	K	---	31.0	---	---	22.8	---
Alopecurus geniculatus	K	---	---	54.0	---	---	---
Alopecurus pratensis	K	31.0	19.0	---	31.0	---	---
Anthemis arvensis	K	---	54.0	---	---	---	---
Armeria maritima ssp. elongata	K	---	---	54.0	---	---	---
Arrhenatherum elatius	K	11.2	---	62.7	11.2	---	---
Artemisia vulgaris	K	---	30.4	62.7	11.2	---	---
Bromus erectus	K	---	---	---	43.3	22.8	---
Calystegia sepium	K	---	31.0	31.0	---	---	---
Carpinus betulus	V	---	10.7	---	---	1.9	47.1
Carpinus betulus	B	---	---	---	---	34.6	47.1
Chelidonium majus	K	---	---	---	---	1.9	83.5
Cichorium intybus	K	---	54.0	---	---	---	---
Cirsium arvense	K	---	---	59.5	31.0	---	---
Cirsium oleraceum	K	---	54.0	---	---	---	---
Corynephorus canescens	K	---	54.0	---	---	---	---
Crataegus monogyna	B	---	---	---	---	---	78.9
Crataegus monogyna	S	---	4.0	---	---	55.5	4.0
Crataegus monogyna	V	---	---	---	---	45.1	---
Crepis biennis	K	---	---	54.0	---	---	---
Dactylis glomerata	K	---	30.4	30.4	11.2	---	---
Daucus carota	K	---	54.0	---	---	---	---
Echium vulgare	K	---	31.0	31.0	---	---	---
Eleocharis palustris	K	68.5	---	---	---	---	---
Elymus repens	K	---	31.0	31.0	---	---	---
Equisetum arvense	K	---	---	78.9	---	---	---
Erigeron acris ssp. acris	K	---	78.9	---	---	---	---
Festuca ovina	K	---	71.7	4.0	16.5	---	---
Festuca pratensis	K	---	19.0	59.5	---	---	---
Fraxinus excelsior	B	---	---	---	---	65.8	---
Galium album ssp. album	K	43.3	---	31.0	---	---	---
Galium aparine	K	22.8	---	10.7	22.8	1.9	---
Galium mollugo	K	---	---	54.0	---	---	---
Geranium robertianum	K	---	10.7	---	---	1.9	47.1
Geranium rotundifolium	K	---	---	54.0	---	---	---
Geum urbanum	K	---	---	---	---	17.1	62.7
Holcus lanatus	K	68.5	---	---	---	---	---
Impatiens noli-tangere	K	---	---	---	---	55.5	37.8
Juncus conglomeratus	K	68.5	---	---	---	---	---
Lamium purpureum	K	---	---	4.0	---	25.1	37.8
Lamium purpureum	K	---	---	4.0	---	25.1	37.8
Lolium perenne	K	---	---	54.0	---	---	---
Lotus corniculatus	K	---	54.0	---	---	---	---
Lythrum salicaria	K	68.5	---	---	---	---	---
Malus domestica	S	---	54.0	---	---	---	---
Malus domestica	B	---	---	54.0	---	---	---
Medicago lupulina	K	43.3	31.0	---	---	---	---
Oxalis acetosella	K	---	---	---	---	45.1	---
Persicaria dubia	K	68.5	---	---	---	---	---
Phalaris arundinacea	K	---	---	54.0	---	---	---
Phleum pratense	K	---	---	54.0	---	---	---
Phragmites australis	K	100.0	---	---	---	---	---
Plantago major	K	---	---	---	---	---	78.9
Poa palustris	K	68.5	---	---	---	---	---
Poa pratensis	K	68.5	---	---	---	---	---
Poa trivialis	K	---	---	---	---	45.1	---
Populus alba	B	---	---	---	---	65.8	---
Potentilla anserina	K	43.3	---	31.0	---	---	---
Prunus avium	B	---	---	---	68.5	---	---

Fortsetzung der Tabelle C-64: synoptische Tabelle der Gesellschaftstreue (fidelity) (Phi coefficient A) der TWINSpan Einstellung 4 und Hierarchieebene 4 für den Gesamtartenbestand der Forts Wroclaw (PL)

Prunus cerasus agg.	B	---	---	---	68.5	---	---
Prunus cerasus agg.	S	---	---	---	68.5	---	---
Prunus domestica	B	---	---	54.0	---	---	---
Prunus spinosa	S	---	---	---	68.5	---	---
Quercus robur	V	---	---	---	---	---	78.9
Quercus robur	B	---	---	---	11.2	17.1	62.7
Robinia pseudoacacia	B	---	---	---	---	46.1	62.7
Robinia pseudoacacia	V	---	---	---	---	10.7	59.5
Rosa canina	S	---	---	---	68.5	---	---
Rubus vulgaris	S	---	---	54.0	---	---	---
Rubus vulgaris	K	---	54.0	---	---	---	---
Rumex acetosa	K	68.5	---	---	---	---	---
Rumex crispus	K	---	54.0	---	---	---	---
Rumex obtusifolius	K	---	54.0	---	---	---	---
Sambucus nigra	S	---	---	---	49.4	17.1	---
Sambucus nigra	B	---	---	---	---	45.1	---
Sanguisorba officinalis	K	68.5	---	---	---	---	---
Silene vulgaris ssp. vulgaris	K	---	---	59.5	31.0	---	---
Sisymbrium officinale	K	---	31.0	31.0	---	---	---
Solidago canadensis	K	---	---	37.8	56.6	---	---
Stellaria holostea	K	---	---	---	---	---	78.9
Symphoricarpos albus	S	---	---	---	---	---	78.9
Tilia platyphyllos	B	---	---	---	---	---	100.0
Tilia platyphyllos	V	---	---	---	---	45.1	---
Trifolium arvense	K	---	31.0	31.0	---	---	---
Trifolium hybridum	K	---	54.0	---	---	---	---
Trifolium pratense	K	43.3	31.0	---	---	---	---
Trifolium repens	K	43.3	31.0	---	---	---	---
Tripleurospermum perforatum	K	---	---	19.0	---	---	59.5
Ulmus glabra	B	---	---	---	---	---	78.9
Urtica dioica	K	---	---	12.7	34.4	---	43.6
Vicia cracca	K	---	54.0	---	---	---	---

Kaunas (LT)

Tabelle C-65: Daten der Auswertung des digitalen Höhenmodells für ausgewählte Kartierflächen an den Standorten Fort IV und Fort V Kaunas (LT) bezüglich Geländehöhe, Neigung und Exposition

Bezeichnung Probefläche	Höhe über NN [m]			Neigung [Grad]			Exposition [Grad]		
	Median	Min	max	Median	Min	max	Median	Min	max
Fort IV VJ 2016-007	68,1	67,0	70,0	14	2	23	310	280	329
Fort IV VJ 2016-008a	68,9	66,9	74,4	25	2	44	66	1	360
Fort IV VJ 2016-008b	68,5	67,2	71,7	22	2	40	80	30	308
Fort IV VJ 2016-009a	67,0	66,5	69,1	15	1	33	162	13	343
Fort IV VJ 2016-009b	66,9	66,4	69,7	14	1	29	159	18	359
Fort IV VJ 2016-009c	67,8	66,8	69,6	16	1	27	165	4	358
Fort IV VJ 2016-009d	69,9	67,0	70,4	18	3	36	153	66	187
Fort IV VJ 2016-009e	70,1	68,3	71,0	16	2	36	118	0	360
Fort V VJ 2016-001a	63,8	61,7	65,0	6	1	36	205	0	349
Fort V VJ 2016-001b	66,1	62,6	68,8	21	1	42	261	0	360
Fort V VJ 2016-001d	66,9	59,9	70,8	25	1	42	72	0	360
Fort V VJ 2016-001e	66,3	58,9	70,3	21	1	55	124	0	360
Fort V VJ 2016-001f	67,2	63,2	73,9	21	1	51	150	1	360
Fort V VJ 2016-001i	63,4	59,0	68,0	20	1	43	330	0	358
Fort V VJ 2016-001o	60,6	56,6	63,1	8	1	37	316	0	360
Fort V VJ 2016-002a	61,9	59,0	63,7	10	1	39	150	0	359
Fort V VJ 2016-002d	61,2	59,0	63,6	23	3	40	262	245	279
Fort V VJ 2016-002e	59,3	58,5	62,3	16	4	34	176	0	360
Fort V VJ 2016-003b	65,4	64,6	68,2	12	1	43	262	152	331
Fort V VJ 2016-004b	67,6	66,9	68,8	13	8	17	327	310	343
Fort V VJ 2016-004c	68,5	67,6	69,8	14	5	35	329	274	351
Fort V VJ 2016-004d	65,3	64,9	69,0	7	1	39	228	0	349
Fort V VJ 2016-010 a-c	63,4	62,9	63,8	3	1	7	337	0	360
Fort V VJ 2016-011	64,8	58,6	66,1	17	1	54	266	0	360
Fort V VJ 2016-012	68,6	67,5	69,2	6	1	14	158	18	360

Tabelle C-66: Kartierbogen Fort Marva Kaunas Probefläche VJ 2016-004

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Marva Fort		Probefl. (m²):	30m²	Aufnahme-Nr.:	VJ 2016-004
Aufnahmestort:	Wiese Eingang Brücke		Hochwert	54.892800N	Rechtswert	23.818670E
Nutzungsart:	einschürige Mahd ???		Datum:	12.08.2016	Höhe über NN:	75m
Bestand:	Arrhenatherion elatioris, aber ungesättigt + 3 weitere Verbandschrakterarten				Exposition:	flach
Aspekt:	Hochsommer		Bearbeiter	Junghans	Neigung:	
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)						
Artenzahl	0	0	20	0	0	20
Deckungsgrad	100%					
Besonderheiten:	Gräserdominanz!!					
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname		Name	Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer
<i>Dactylis glomerata</i>		Wiesen-Knäuelgras	K	3		....
<i>Arrhenatherum elatius</i>		Glatthafer	K	3		5.4.2.1.
<i>Deschampsia cespitosa</i>		Rasen-Schmiele	K	1		....
<i>Leontodon saxatilis</i>		Nickender Löwenzahn	K	2		5....
<i>Crepis biennis</i>		Wiesen-Pippau	K	2		5.4.2.1.
<i>Trifolium pratense</i>		Wiesen-Klee	K	2		5.4...
<i>Heracleum sphondylium</i>		Wiesen-Bärenklau	K	1		5.4.2..
<i>Achillea millefolium</i>		Gewöhnliche Wiesen-Schafgarbe	K	+		5.4.2..
<i>Lotus corniculatus</i>		Gewöhnlicher Hornklee	K	+		5....
<i>Galium album</i>		Großblütiges Wiesen-Labkraut	K	+		....
<i>Galium verum</i>		Echtes Labkraut	K	+		5.3...
<i>Equisetum pratense</i>		Wiesen-Schachtelhalm	K	+		8.4.3.3.
<i>Agrimonia procera</i>		Großer Odermennig	K	+		6.1.1.1.
<i>Cirsium oleraceum</i>		Kohl-Kratzdistel	K	+		5.4.1.5.
<i>Cirsium vulgare</i>		Gewöhnliche Kratzdistel	K	+		3.5...
<i>Plantago lanceolata</i>		Spitz-Wegerich	K	1		5.4...
<i>Cardamine pratensis</i>		Wiesen-Schaumkraut	K	+		....
<i>Potentilla anserina</i>		Gänse-Fingerkraut	K	+		3.8.1.1.
<i>Taraxacum sect. Ruderalia</i>		Wiesen-Löwenzähne	K	1		....
<i>Vicia cracca</i>		Gewöhnliche Vogel-Wicke	K	1		5.4...
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)			Sichtungen			
0511221	Frischwiesen (GMF), artenarm und weitgehend gehölzfrei					
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	6,7	5,3	4,9	5,4	6,7	5,3
Median	7	5	4	5	7	5
Anzahl Arten	20	10	7	17	9	15

Tabelle C-67: Kartierbogen Fort Marva Kaunas Probefläche VJ 2016-005

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Marva Fort		Probefl. (m²):	30m²	Aufnahme-Nr.:	VJ 2016-005
Aufnahmestort:	Wiese Zentralteil		Hochwert	54.891543N	Rechtswert	23.818640E
Nutzungsart:	einschürige Mahd ???		Datum:	12.08.2016	Höhe über NN:	75m
Bestand:	ruderal nitrophile Staudenflur (soziologisch unklar)				Exposition:	flach
Aspekt:	Hochsommer		Bearbeiter	Junghans	Neigung:	
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)						
Artenzahl	0	1	7	0	0	8
Deckungsgrad		100%				
Besonderheiten:		Gräserdominanz!! Waldnähe.				
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname	Name		Schicht	Dominanz	Sozialität	nach Oberdorfer
Avena fatua	Flug-Hafer		K	4		3.4...
Dactylis glomerata	Wiesen-Knäuelgras		K	3		....
Artemisia vulgaris	Gewöhnlicher Beifuß		K	1		3.5...
Achillea millefolium	Gewöhnliche Wiesen-Schafgarbe		K	1		5.4.2..
Lotus corniculatus	Gewöhnlicher Hornklee		K	1		5....
Cichorium intybus	Gewöhnliche Wegwarte		K	1		3....
Agrimonia procera	Großer Odermennig		K	1		6.1.1.1.
Cornus sanguinea	Blutroter Hartriegel		S	1		8.4.4..
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)	Sichtungen					
0511221	Frischwiesen (GMF), artenarm und weitgehend gehölzfrei					
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	7,0	5,8	6,0	4,8	7,0	5,2
Median	7	6	6	5	7	5
Anzahl Arten	8	5	2	8	5	6

Tabelle C-68: Kartierbogen Fort Marva Kaunas Probefläche VJ 2016-006

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Marva Fort		Probefl. (m²):	30m²	Aufnahme-Nr.:	VJ 2016-006
Aufnahmestort:	Ufervegetation Brücke		Hochwert	54.892820N	Rechtswert	23.819442E
Nutzungsart:	keine ersichtlich		Datum:	12.08.2016	Höhe über NN:	75m
Bestand:	Ufervegetation Littorelletalia, Strauchvegetation Weichholzaue (soz. unbest.)				Exposition:	O
Aspekt:	Hochsommer		Bearbeiter	Junghans	Neigung:	<5°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)						
Artenzahl	0	3	5		2	10
Deckungsgrad		95% im Uferbereich				
Besonderheiten:		Störungen durch Begehungen der Ufer sichtbar				
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname		Name	Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer
Typha latifolia		Breitblättriger Rohrkolben	K	2		1.5.1.1.
Epilobium hirsutum		Zottiges Weidenröschen	K	2		3.5.2.1.
Lythrum salicaria		Blut-Weiderich	K	2		5.4.1.2.
Salix cinerea		Grau-Weide	V	1		8.2.1.2.
Cornus sanguinea		Blutroter Hartriegel	V	1		8.4.4..
Carex acuta		Schlank-Segge	K	2		1.5.1.4.2
Equisetum fluviatile		Teich-Schachtelhalm	K	2		1.5.1..
Cornus sanguinea		Blutroter Hartriegel	S	1		8.4.4..
Alnus incana		Grau-Erle	S	1		8.4.3.3.
Salix fragilis		Bruch-Weide	S	1		8.1.1.2.
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)			Sichtungen			
nicht bestimmt						
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	6,9	4,9	6,0	7,9	6,7	5,8
Median	7	5	6	8	7	5,5
Anzahl Arten	10	9	1	10	9	6

Tabelle C-69: Kartierbogen Fort IV Kaunas Probefläche VJ 2016-007

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort IV Kaunas		Probefl. (m²):	85m²	Aufnahme-Nr.:	VJ 2016-007
Aufnahmestort:	Wiese Innenbereich auf Wall		Hochwert	54.892820N	Rechtswert	23.819442E
Nutzungsart:	mind. einschürige Mahd		Datum:	15.08.2016	Höhe über NN:	68m
Bestand:	asiphiler Magerrasen (Festuco-Brometea) + Mähwiese (Molinio-Arrhenatheretea)			Exposition:	NW	
Aspekt:	Hochsommer		Bearbeiter	Junghans	Neigung:	5-10°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)						
Artenzahl	0	0	19		1	20
Deckungsgrad	100%					
Besonderheiten:	Verjüngung von Populus spec. durch einfliegende Samen der direkt angrenzenden Fort-Umgebung; Kreuz-Enzian auch in der näheren Umgebung!!!; ruderaler Störer und Wald-Zeigerarten					
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname		Name	Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer
<i>Scabiosa canescens</i>		Graue Skabiose	K	1		6.1.1.2.
<i>Alopecurus pratensis</i>		Wiesen-Fuchsschwanzgras	K	5		5.4...
<i>Centaurea jacea</i>		Wiesen-Flockenblume	K	1		5....
<i>Rosa canina</i>		Hunds-Rose	K	+		8.4.4..
<i>Populus spec.</i>		Pappel	V	+		....
<i>Ranunculus arvensis</i>		Acker-Hahnenfuß	K	+		3.4...
<i>Lathyrus pratensis</i>		Wiesen-Platterbse	K	+		5.4...
<i>Aegopodium podagraria</i>		Giersch	K	1		3.5.3.1.
<i>Vicia cracca</i>		Gewöhnliche Vogel-Wicke	K	+		5.4...
<i>Heracleum sphondylium</i>		Wiesen-Bärenklau	K	+		5.4.2..
<i>Gentiana cruciata</i>		Kreuz-Enzian	K	+		5.3...
<i>Agrimonia eupatoria</i>		Kleiner ODERMENNIG	K	1		6.1.1.1.
<i>Geranium sylvaticum</i>		Wald-Storchnabel	K	+		6.3...
<i>Ranunculus ficaria</i>		Scharbockskraut	K	+		8.4...
<i>Arrhenatherum elatius</i>		Glatthafer	K	+		5.4.2.1.
<i>Hieracium pilosella</i>		Kleines Habichtskraut	K	+		5....
<i>Artemisia campestris</i>		Feld-Beifuß	K	+		5.2...
<i>Cirsium arvense</i>		Acker-Kratzdistel	K	1		3....
<i>Ononis arvensis</i>		Bocks-Hauhechel	K	+		5.3.1.2.
<i>Medicago falcata</i>		Sichelklee	K	+		6.1.1.2.
Abholzung Zwischen Winter 2011 bis Frühjahr 2013						
Fläche vorher fast vollständig mit Bäumen oder Sträuchern bewachsen (Google earth timeline analyse)						
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)			Sichtungen			
Biotoptyp 051224 submediterraner Halbtrockenrasen						
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	6,9	5,4	5,4	4,5	7,2	5,1
Median	7	5	6	4	7	6
Anzahl Arten	19	16	10	16	13	15

Tabelle C-70: Kartierbogen Fort IV Kaunas Probefläche VJ 2016-008a

[illegible]

Tabelle C-71: Kartierbogen Fort IV Kaunas Probefläche VJ 2016-008b

[illegible]

Tabelle C-72: Kartierbogen Fort IV Kaunas Probefläche VJ 2016-009a

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort IV Kaunas		Probefl. (m²):	67m²	Aufnahme-Nr.:	VJ 2016-009a
Aufnahmestort:	Wiese Innenbereich		Hochwert	54.850349N	Rechtswert	23.953597E
Nutzungsart:	mind. einschürige Mahd		Datum:	15.08.2016	Höhe über NN:	66m
Bestand:	soz. unklares Molinio-Arrhenatheretea, Reste v von Waldflora + ruderaler Störer			Exposition:	S	
Aspekt:	Hochsommer		Bearbeiter	Junghans	Neigung:	<5°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)						
Artenzahl	0	1	21		2	24
Deckungsgrad	100%					
Besonderheiten:	vorheriger Bestand vermutlich reines Offenland, randlich Abholzung zwischen Winter 2011 bis Frühjahr 2013 (Google Earth timeline Analyse), keine Stubben					
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname	Name	Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer	
<i>Alopecurus pratensis</i>	Wiesen-Fuchsschwanzgras	K	3		5.4...	
<i>Aegopodium podagraria</i>	Giersch	K	2		3.5.3.1.	
<i>Rosa canina</i>	Hunds-Rose	K	+		8.4.4..	
<i>Centaurea jacea</i>	Wiesen-Flockenblume	K	1		5....	
<i>Medicago falcata</i>	Sichelklee	K	2		6.1.1.2.	
<i>Artemisia campestris</i>	Feld-Beifuß	K	1		5.2...	
<i>Achillea millefolium</i>	Gewöhnliche Wiesen-Schafgarbe	K	+		5.4.2..	
<i>Heracleum sphondylium</i>	Wiesen-Bärenklau	K	+		5.4.2..	
<i>Silene dioica</i>	Rote Lichtnelke	K	+		....
<i>Rubus vulgaris</i>	Gewöhnliche Brombeere	S	1		8.5.1.1.2	
<i>Stellaria holostea</i>	Große Sternmiere	K	+		8.4.3.2.	
<i>Dactylis glomerata</i>	Wiesen-Knäuelgras	K	1		....
<i>Crepis biennis</i>	Wiesen-Pippau	K	+		5.4.2.1.	
<i>Bromus inermis</i>	Unbegrannte Tresse	K	+		....
<i>Cirsium arvense</i>	Acker-Kratzdistel	K	+		3....	
<i>Ranunculus arvensis</i>	Acker-Hahnenfuß	K	+		3.4...	
<i>Cichorium intybus</i>	Gewöhnliche Wegwarte	K	+		3....	
<i>Agrimonia eupatoria</i>	Kleiner ODERMENNIG	K	+		6.1.1.1.	
<i>Cornus sanguinea</i>	Blutroter Hartriegel	V	+		8.4.4..	
<i>Crataegus monogyna</i>	Eingrifflicher Weißdorn	V	+		8.4.4..	
<i>Campanula rapunculoides</i>	Acker-Glockenblume	K	+		6.1.1.2.	
<i>Salvia pratensis</i>	Wiesen-Salbei	K	+		5.3...	
<i>Arrhenatherum elatius</i>	Glatthafer	K	+		5.4.2.1.	
<i>Scabiosa canescens</i>	Graue Skabiose	K	+		6.1.1.2.	
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)	Sichtungen					
0514311	artenreiche Ausprägung von Staudenfluren trockenwarmer Standorte (GST)					
	ohne spontanem Baumbewuchs					
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	7,2	5,6	4,8	4,4	7,0	5,2
Median	7	5,5	5	4	7	5
Anzahl Arten	23	18	11	21	18	20

Tabelle C-73: Kartierbogen Fort IV Kaunas Probefläche VJ 2016-009b

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort IV Kaunas		Probefl. (m²):	120m²	Aufnahme-Nr.:	VJ 2016-009b
Aufnahmestort:	Wiese Innenbereich		Hochwert	54.850327N	Rechtswert	23.953477E
Nutzungsart:	mind. einschürige Mahd		Datum:	15.08.2016	Höhe über NN:	66m
Bestand:	soz. ungesättigte Fuchsschwanzwiese, Reste v. Waldflora + ruderaler Störer				Exposition:	S
Aspekt:	Hochsommer		Bearbeiter	Junghans	Neigung:	<5°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)						
Artenzahl	0	2	18		0	20
Deckungsgrad	100%					
Besonderheiten:	vorheriger Bestand vermutlich reines Offenland, randlich Abholzung zwischen Winter 2011 bis Frühjahr 2013 (Google Earth timeline Analyse), keine Stubben					
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname	Name	Schicht	Dominanz	Sozialität	nach Oberdorfer	
<i>Alopecurus pratensis</i>	Wiesen-Fuchsschwanzgras	K	4		5.4...	
<i>Aegopodium podagraria</i>	Giersch	K	+		3.5.3.1.	
<i>Centaurea jacea</i>	Wiesen-Flockenblume	K	2		5....	
<i>Medicago falcata</i>	Sichelklee	K	2		6.1.1.2.	
<i>Artemisia campestris</i>	Feld-Beifuß	K	+		5.2...	
<i>Achillea millefolium</i>	Gewöhnliche Wiesen-Schafgarbe	K	+		5.4.2..	
<i>Heracleum sphondylium</i>	Wiesen-Bärenklau	K	+		5.4.2..	
<i>Stellaria holostea</i>	Große Sternmiere	K	+		8.4.3.2.	
<i>Dactylis glomerata</i>	Wiesen-Knäuelgras	K	1		....
<i>Bromus inermis</i>	Unbegrante Tresse	K	2		....
<i>Cirsium arvense</i>	Acker-Kratzdistel	K	+		3....	
<i>Ranunculus arvensis</i>	Acker-Hahnenfuß	K	+		3.4...	
<i>Agrimonia eupatoria</i>	Kleiner ODERMENNIG	K	+		6.1.1.1.	
<i>Cornus sanguinea</i>	Blutroter Hartriegel	S	+		8.4.4..	
<i>Crataegus monogyna</i>	Eingrifflicher Weißdorn	S	+		8.4.4..	
<i>Campanula rapunculoides</i>	Acker-Glockenblume	K	+		6.1.1.2.	
<i>Salvia pratensis</i>	Wiesen-Salbei	K	+		5.3...	
<i>Arrhenatherum elatius</i>	Glatthafer	K	+		5.4.2.1.	
<i>Scabiosa canescens</i>	Graue Skabiose	K	1		6.1.1.2.	
<i>Vicia cracca</i>	Gewöhnliche Vogel-Wicke	K	+		5.4...	
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)	Sichtungen	Argiope bruennichi	Zebra spinne			
0514311	artenreiche Ausprägung von Staudenfluren trockenwarmer Standorte (GST)					
	ohne spontanem Baumbewuchs					
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	7,1	5,6	5,4	4,3	7,3	5,1
Median	7	6	5	4	7,5	5
Anzahl Arten	20	15	9	17	14	16

Tabelle C-74: Kartierbogen Fort IV Kaunas Probefläche VJ 2016-009c

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort IV Kaunas		Probefl. (m²):	140m²	Aufnahme-Nr.:	VJ 2016-009c
Aufnahmestort:	Wiese Innenbereich		Hochwert	54.850316N	Rechtswert	23.953313E
Nutzungsart:	mind. einschürige Mahd		Datum:	15.08.2016	Höhe über NN:	66m
Bestand:	2 soz. (ungesättigte) Wiesenordnungen, Reste v. Waldflora + ruderaler Störer				Exposition:	S
Aspekt:	Hochsommer		Bearbeiter	Junghans	Neigung:	<5°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)						
Artenzahl	0	0	15		2	17
Deckungsgrad	100%					
Besonderheiten:	vorheriger Bestand vermutlich reines Offenland, randlich Abholzung zwischen Winter 2011 bis Frühjahr 2013 (Google Earth timeline Analyse), keine Stubben					
B = Baumschicht		S = Strauchschicht		K = Krautschicht		V = Verjüngung
						Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname	Name		Schicht	Dominanz	Sozialität	nach Oberdorfer
<i>Alopecurus pratensis</i>	Wiesen-Fuchsschwanzgras		K	3		5.4...
<i>Centaurea jacea</i>	Wiesen-Flockenblume		K	1		5....
<i>Medicago falcata</i>	Sichelklee		K	2		6.1.1.2.
<i>Artemisia campestris</i>	Feld-Beifuß		K	1		5.2...
<i>Achillea millefolium</i>	Gewöhnliche Wiesen-Schafgarbe		K	1		5.4.2..
<i>Heracleum sphondylium</i>	Wiesen-Bärenklau		K	1		5.4.2..
<i>Stellaria holostea</i>	Große Sternmiere		K	+		8.4.3.2.
<i>Crepis biennis</i>	Wiesen-Pippau		K	+		5.4.2.1.
<i>Cirsium arvense</i>	Acker-Kratzdistel		K	2		3....
<i>Cichorium intybus</i>	Gewöhnliche Wegwarte		K	+		3....
<i>Agrimonia eupatoria</i>	Kleiner ODERMENNIG		K	+		6.1.1.1.
<i>Cornus sanguinea</i>	Blutroter Hartriegel		V	+		8.4.4..
<i>Crataegus monogyna</i>	Eingrifflicher Weißdorn		V	+		8.4.4..
<i>Salvia pratensis</i>	Wiesen-Salbei		K	+		5.3...
<i>Arrhenatherum elatius</i>	Glatthafer		K	+		5.4.2.1.
<i>Vicia cracca</i>	Gewöhnliche Vogel-Wicke		K	+		5.4...
<i>Ononis arvensis</i>	Bocks-Hauhechel		K	2		5.3.1.2.
			Sichtungen	Argiope bruennichi	Zebra spinne	
				Polyommatus icarus ♂	Hauhechel-Bläuling	
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)						
0514311	artenreiche Ausprägung von Staudenfluren trockenwarmer Standorte (GST)					
	ohne spontanem Baumbewuchs					
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	7,4	5,5	5,4	4,4	7,1	4,9
Median	7	5,5	5	4	7	5
Anzahl Arten	17	14	7	14	12	14

Tabelle C-75: Kartierbogen Fort IV Kaunas Probefläche VJ 2016-009d

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort IV Kaunas		Probefl. (m²):	80m²	Aufnahme-Nr.:	VJ 2016-009d
Aufnahmestort:	Hecke Innenbereich		Hochwert	54.850416N	Rechtswert	23.953509E
Nutzungsart:	Hecke		Datum:	15.08.2016	Höhe über NN:	67m
Bestand:	Prunetalia spinosae bzw. Rhamno-Prunetea				Exposition:	S
Aspekt:	Hochsommer		Bearbeiter	Junghans	Neigung:	<5°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)						
Artenzahl	0	2	4		3	9
Deckungsgrad		100%				
Besonderheiten:		vorheriger Bestand vermutlich bereits Hecke vor Abholzungen zwischen Winter 2011 bis Frühjahr 2013 (Google Earth timeline Analyse), keine Stubben				
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname		Name	Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer
Crataegus monogyna		Eingrifflicher Weißdorn	S	4		8.4.4..
Cornus sanguinea		Blutroter Hartriegel	V	1		8.4.4..
Acer pseudoplatanus		Berg-Ahorn	V	1		8.4.3.4.
Aegopodium podagraria		Giersch	K	1		3.5.3.1.
Populus spec.		0	V	2		....
Rosa canina		Hunds-Rose	S	1		8.4.4..
Centaurea jacea		Wiesen-Flockenblume	K	1		5....
Achillea millefolium		Gewöhnliche Wiesen-Schafgarbe	K	1		5.4.2..
Dactylis glomerata		Wiesen-Knäuelgras	K	1		....
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)			Sichtungen			
07103	Laubgebüsch trockenwarmer Standorte					
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	6,6	5,0	5,5	4,9	7,3	6,0
Median	7	5	5,5	5	7	6
Anzahl Arten	8	4	2	7	3	5

Tabelle C-76: Kartierbogen Fort IV Kaunas Probefläche VJ 2016-009e

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort IV Kaunas		Probefl. (m²):	130m²	Aufnahme-Nr.:	VJ 2016-009e
Aufnahmestort:	Hecke Innenbereich		Hochwert	54.850467N	Rechtswert	23.953491E
Nutzungsart:	Hecke		Datum:	15.08.2016	Höhe über NN:	69m
Bestand:	Prunetalia spinosae + Wirtschaftsgrünland + Saumgesellschaft				Exposition:	S
Aspekt:	Hochsommer		Bearbeiter	Junghans	Neigung:	<5°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)						
Artenzahl	0	2	5	5	0	12
Deckungsgrad		100%				
Besonderheiten:		vorheriger Bestand vermutlich bereits Hecke vor Abholzungen zwischen Winter 2011 bis Frühjahr 2013 (Google Earth timeline Analyse), keine Stubben; Alle Ordnungen/ Verbände ungesättigt				
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname		Name	Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer
Populus spec.		0	S	3		....
Crataegus monogyna		Eingrifflicher Weißdorn	S	2		8.4.4..
Cichorium intybus		Gewöhnliche Wegwarte	K	1		3....
Crepis biennis		Wiesen-Pippau	K	1		5.4.2.1.
Achillea millefolium		Gewöhnliche Wiesen-Schafgarbe	K	1		5.4.2..
Dactylis glomerata		Wiesen-Knäuelgras	K	1		....
Galium lucidum		Glänzendes Wiesen-Labkraut	K	1		6.1.1.2.
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)			Sichtungen			
07103	Laubgebüsch trockenwarmer Standorte					
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	7,5	5,5	4,5	4,3	7,5	4,5
Median	7	5,5	4,5	4	8	5
Anzahl Arten	6	4	2	6	4	6

Tabelle C-77: Kartierbogen Fort V Kaunas Probefläche VJ 2016-001a

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort V Kaunas		Probefl. (m²):	1000m²	Aufnahme-Nr.:	VJ 2016-001a
Aufnahmestort:	Kontereskarpe all li. Kehlgraben		Hochwert	54.862917N	Rechtswert	24.000452E
Nutzungsart:	keine ersichtlich		Datum:	13.08.2016	Höhe über NN:	65m
Bestand:	Laubwald, Tendenz Carpion betuli (Eichen-Hainbuchenwald)				Exposition:	
Aspekt:	Hochsommer		Bearbeiter	Junghans	Neigung:	
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)	>10m	<5m			<5m	ohne Duplikate
Artenzahl	4	7	3		5	14
Deckungsgrad	ca 90% Baumschicht					
Besonderheiten:	Totholzanteil ca. 5%, fast keine Krautschicht da Kronenschluß, Artenverarmung v. a. in der Krautschicht nach 10 Jahren; feuchte bis staunasse Grabensohle					
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname		Name	Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer
<i>Carpinus betulus</i>		Hainbuche	B	4		8.4.3.2.
<i>Tilia cordata</i>		Winter-Linde	B	2		8.4.3.2.
<i>Sorbus aucuparia</i>		Vogelbeere	B	2		....
<i>Acer platanoides</i>		Spitz-Ahorn	B	2		8.4.3.4.
<i>Prunus padus</i>		Traubenkirsche	S	2		8.4.3.3.
<i>Malus sylvestris</i>		Holz-Apfel	S	+		8.4...
<i>Acer platanoides</i>		Spitz-Ahorn	S	2		8.4.3.4.
<i>Lonicera xylosteum</i>		Rote Heckenkirsche	S	2		8.4...
<i>Tilia cordata</i>		Winter-Linde	S	1		8.4.3.2.
<i>Euonymus europaea</i>		Gewöhnliches Pfaffenhütchen	S	+		8.4.4..
<i>Crataegus monogyna</i>		Eingrifflicher Weißdorn	S	+		8.4.4..
<i>Ranunculus lanuginosus</i>		Wolliger Hahnenfuß	K	+		8.4.3..
<i>Geum rivale</i>		Bach-Nelkenwurz	K	+		5.4.1..
<i>Lysimachia nummularia</i>		Pfennigkraut	K	+		....
<i>Tilia cordata</i>		Winter-Linde	V	1		8.4.3.2.
<i>Acer platanoides</i>		Spitz-Ahorn	V	2		8.4.3.4.
<i>Carpinus betulus</i>		Hainbuche	V	3		8.4.3.2.
<i>Cornus sanguinea</i>		Blutroter Hartriegel	V	1		8.4.4..
<i>Acer pseudoplatanus</i>		Berg-Ahorn	V	1		8.4.3.4.
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)			Sichtungen			
08290	Naturnahe Laubwälder und Laub-Nadel-Mischwälder (WS)					
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	5,0	5,6	5,1	5,6	6,9	5,4
Median	5	6	5	5	7	5
Anzahl Arten	19	16	12	13	8	11

Tabelle C-78: Kartierbogen Fort V Kaunas Probefläche GI 2006-001a

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort V Kaunas		Probefl. (m²):	300m²	Aufnahme-Nr.:	GI 2006-001a
Aufnahmestort:	Kontereskarpe wall li. Kehlgraben		Hochwert	54.862917N	Rechtswert	24.000452E
Nutzungsart:	vermutlich extensive forstlich		Datum:	02.06.2006	Höhe über NN:	65m
Bestand:	Laubwald				Exposition:	
Aspekt:	Vorsommer		Bearbeiter	Ilßbrücker/ Lachma	Neigung:	
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)	>5m	<5m			<2m	ohne Duplikate
Artenzahl	2	8	13	0	4	23
Deckungsgrad	100%					
Besonderheiten:	Bestandsalter ca. 70 Jahre, dichter Kronenschluß, Totholzanteil <0,5% liegend)					
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname		Name	Schicht	Dominanz	Sozialität	nach Oberdorfer
<i>Carpinus betulus</i>		Hainbuche	B	5		8.4.3.2.
<i>Tilia cordata</i>		Winter-Linde	B	+		8.4.3.2.
<i>Prunus padus</i>		Traubenkirsche	S	2		8.4.3.3.
<i>Acer platanoides</i>		Spitz-Ahorn	S	2		8.4.3.4.
<i>Lonicera xylosteum</i>		Rote Heckenkirsche	S	2		8.4...
<i>Tilia cordata</i>		Winter-Linde	S	+		8.4.3.2.
<i>Euonymus europaea</i>		Gewöhnliches Pfaffenhütchen	S	+		8.4.4..
<i>Corylus avellana</i>		Haselnuß	S	+		8.4...
<i>Sorbus aucuparia</i>		Vogelbeere	S	+		....
<i>Ligustrum vulgare</i>		Gewöhnlicher Liguster	S	r		8.4.4..
<i>Aegopodium podagraria</i>		Giersch	K	3		3.5.3.1.
<i>Pulmonaria obscura</i>		Dunkles Lungenkraut	K	2		8.4.3..
<i>Stellaria holostea</i>		Große Sternmiere	K	2		8.4.3.2.
<i>Anemone nemorosa</i>		Busch-Windröschen	K	2		8.4...
<i>Myosotis sylvatica</i>		Wald-Vergissmeinnicht	K	1		6.2.1..
<i>Carex sylvatica</i>		Wald-Segge	K	1		8.4.3..
<i>Poa nemoralis</i>		Hain-Rispengras	K	+		8.4...
<i>Chelidonium majus</i>		Schöllkraut	K	+		3.5.3..
<i>Ranunculus lanuginosus</i>		Wolliger Hahnenfuß	K	+		8.4.3..
<i>Veronica chamaedrys</i>		Gamander-Ehrenpreis	K	+		....
<i>Geum rivale</i>		Bach-Nelkenwurz	K	r		5.4.1..
<i>Deschampsia cespitosa</i>		Rasen-Schmiele	K	r		....
<i>Lysimachia nummularia</i>		Pfennigkraut	K	r		....
<i>Tilia cordata</i>		Winter-Linde	V	1		8.4.3.2.
<i>Fraxinus excelsior</i>		Gewöhnliche Esche	V	1		8.4.3..
<i>Acer platanoides</i>		Spitz-Ahorn	V	1		8.4.3.4.
<i>Carpinus betulus</i>		Hainbuche	V	+		8.4.3.2.
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)			Sichtungen			
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	4,9	5,5	5,0	5,6	6,7	5,5
Median	5	5,5	5	5	7	5
Anzahl Arten	26	20	13	20	12	19

Tabelle C-79: artierbogen Fort V Kaunas Probefläche VJ 2016-001b

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort V Kaunas		Probefl. (m²):	500m²	Aufnahme-Nr.:	VJ 2016-001b
Aufnahmestort:	Böschung linker Flankengraben		Hochwert	54.850467N	Rechtswert	23.953491E
Nutzungsart:	keine		Datum:	14.08.2016	Höhe über NN:	60-65m
Bestand:	Laubwald, Tendenz Tilio-Acerion				Exposition:	N
Aspekt:	Hochsommer		Bearbeiter	Junghans	Neigung:	ca. 45°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)	>5m	<5m			<5m	ohne Duplikate
Artenzahl	9	2	2		9	17
Deckungsgrad	ca 90% Baumschicht					
Besonderheiten:	Totholzanteil ca. 5%, fast keine Krautschicht da Kronenschluß, Artenverarmung v. a. in der Krautschicht nach 10 Jahren; feuchte bis staunasse Grabensohle					
B = Baumschicht S = Strauchschicht K = Krautschicht V = Verjüngung						Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname		Name	Schicht	Dominanz	Sozialität	nach Oberdorfer
<i>Aesculus hippocastanum</i>		Gewöhnliche Roßkastanie	B	+		....
<i>Tilia cordata</i>		Winter-Linde	B	+		8.4.3.2.
<i>Fraxinus excelsior</i>		Gewöhnliche Esche	B	1		8.4.3..
<i>Alnus incana</i>		Grau-Erle	B	2		8.4.3.3.
<i>Acer platanoides</i>		Spitz-Ahorn	B	2		8.4.3.4.
<i>Pyrus pyrausta</i>		Wildbirne	B	+		8.4...
<i>Malus sylvestris</i>		Holz-Apfel	B	+		8.4...
<i>Ulmus glabra</i>		Berg-Ulme	B	2		8.4.3.4.
<i>Salix fragilis</i>		Bruch-Weide	B	+		8.1.1.2.
<i>Ulmus glabra</i>		Berg-Ulme	V	2		8.4.3.4.
<i>Acer platanoides</i>		Spitz-Ahorn	V	2		8.4.3.4.
<i>Fraxinus excelsior</i>		Gewöhnliche Esche	V	1		8.4.3..
<i>Acer negundo</i>		Eschen-Ahorn	V	+		8.4.3.3.
<i>Cornus sanguinea</i>		Blutroter Hartriegel	S	2		8.4.4..
<i>Acer pseudoplatanus</i>		Berg-Ahorn	V	1		8.4.3.4.
<i>Crataegus monogyna</i>		Eingrifflicher Weißdorn	S	+		8.4.4..
<i>Aesculus hippocastanum</i>		Gewöhnliche Roßkastanie	V	+		....
<i>Tilia cordata</i>		Winter-Linde	V	+		8.4.3.2.
<i>Populus tremula</i>		Zitter-Pappel	V	1		....
<i>Prunus padus</i>		Traubenkirsche	V	+		8.4.3.3.
<i>Aegopodium podagraria</i>		Giersch	K	1		3.5.3.1.
<i>Dryopteris filix-mas</i>		Gewöhnlicher Wurmfar	K	1		8.4.3..
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)			Sichtungen			
08290	Naturnahe Laubwälder und Laub-Nadel-Mischwälder (WS)					
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	5,0	5,2	5,5	5,8	7,0	6,2
Median	5	5	5,5	5,5	7	6,5
Anzahl Arten	20	18	10	16	14	14

Tabelle C-80: Kartierbogen Fort V Kaunas Probefläche GI 2006-001b

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort V Kaunas		Probefl. (m²):	500m²	Aufnahme-Nr.:	GI 2006-001b
Aufnahmestort:	Böschung linker Flankengraben		Hochwert	54.850467N	Rechtswert	23.953491E
Nutzungsart:	keine		Datum:	04.06.2006	Höhe über NN:	60-65m
Bestand:	Vorwald				Exposition:	N
Aspekt:	Vorsommer		Bearbeiter	Ißbrücker/ Lachma	Neigung:	ca. 45°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)	>5m	<5m			<2m	ohne Duplikate
Artenzahl	9	10	8	1	8	24
Deckungsgrad	ca 90% Baumschicht					
Besonderheiten:	Bestandsalter ca. 70 Jahre, kein Kronenschluß, Totholzanteil >5% (stehend, liegend)					
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname		Name	Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer
<i>Alnus incana</i>		Grau-Erle	B	2		8.4.3.3.
<i>Prunus padus</i>		Traubenkirsche	B	1		8.4.3.3.
<i>Fraxinus excelsior</i>		Gewöhnliche Esche	B	+		8.4.3..
<i>Tilia cordata</i>		Winter-Linde	B	+		8.4.3.2.
<i>Ulmus glabra</i>		Berg-Ulme	B	+		8.4.3.4.
<i>Aesculus hippocastanum</i>		Gewöhnliche Roßkastanie	B	r		....
<i>Pyrus pyrastrer</i>		Wildbirne	B	r		8.4...
<i>Malus sylvestris</i>		Holz-Apfel	B	r		8.4...
<i>Betula pendula</i>		Hänge-Birke	B	r		....
<i>Prunus padus</i>		Traubenkirsche	S	1		8.4.3.3.
<i>Tilia cordata</i>		Winter-Linde	S	1		8.4.3.2.
<i>Ulmus glabra</i>		Berg-Ulme	S	1		8.4.3.4.
<i>Fraxinus excelsior</i>		Gewöhnliche Esche	S	1		8.4.3..
<i>Acer platanoides</i>		Spitz-Ahorn	S	1		8.4.3.4.
<i>Cornus sanguinea</i>		Blutroter Hartriegel	S	+		8.4.4..
<i>Viburnum opulus</i>		Gewöhnlicher Schneeball	S	+		8.4.4..
<i>Euonymus europaea</i>		Gewöhnliches Pfaffenhütchen	S	+		8.4.4..
<i>Acer negundo</i>		Eschen-Ahorn	S	r		8.4.3.3.
<i>Acer pseudoplatanus</i>		Berg-Ahorn	S	r		8.4.3.4.
<i>Aegopodium podagraria</i>		Giersch	K	3		3.5.3.1.
<i>Urtica dioica</i>		Große Brennnessel	K	3		3.5...
<i>Galium aparine</i>		Gewöhnliches Kletten-Labkraut	K	2		3.5...
<i>Chelidonium majus</i>		Schöllkraut	K	1		3.5.3..
<i>Impatiens noli-tangere</i>		Großes Springkraut	K	1		8.4.3.3.
<i>Ranunculus lanuginosus</i>		Wolliger Hahnenfuß	K	1		8.4.3..
<i>Dryopteris filix-mas</i>		Gewöhnlicher Wurmfar	K	+		8.4.3..
<i>Geum rivale</i>		Bach-Nelkenwurz	K	+		5.4.1..
<i>Fraxinus excelsior</i>		Gewöhnliche Esche	V	1		8.4.3..
<i>Ulmus glabra</i>		Berg-Ulme	V	1		8.4.3.4.
<i>Acer platanoides</i>		Spitz-Ahorn	V	1		8.4.3.4.
<i>Tilia cordata</i>		Winter-Linde	V	1		8.4.3.2.
<i>Prunus padus</i>		Traubenkirsche	V	+		8.4.3.3.
<i>Acer negundo</i>		Eschen-Ahorn	V	r		8.4.3.3.
<i>Aesculus hippocastanum</i>		Gewöhnliche Roßkastanie	V	r		....
<i>Acer pseudoplatanus</i>		Berg-Ahorn	V	r		8.4.3.4.
		Moos unbest.	M	1		
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	5,0	5,3	5,6	6,0	7,0	6,5
Median	5	5	6	6	7	7
Anzahl Arten	31	27	16	24	23	26

Tabelle C-81: Kartierbogen Fort V Kaunas Probefläche VJ 2016-001d

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort V Kaunas		Probefl. (m²):	2000m²	Aufnahme-Nr.:	VJ 2016-001d
Aufnahmestort:	Böschung linker Flankengraben		Hochwert	54.862346N	Rechtswert	24.002924E
Nutzungsart:	keine		Datum:	14.08.2016	Höhe über NN:	60-65m
Bestand:	Laubwald, Tendenz Alno-Ulmion, wie bereits 2006				Exposition:	ONO
Aspekt:	Hochsommer		Bearbeiter	Junghans	Neigung:	ca. 45°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)	>5m	<5m			<5m	ohne Duplikate
Artenzahl	10	6	12		5	25
Deckungsgrad	ca 90% Baumschicht, ca. 30% Strauchschicht					
Besonderheiten:	soziologisch indifferent, aktuelle Tendenz Alno-Ulmion, keine weitere Pázisierung; ruderaler Störer, nitrophiler Staudenflur, Artenverarmung v.a. in der Krautschicht, fehlende Begleitarten zu 2006					
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname		Name	Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer
<i>Alnus incana</i>		Grau-Erle	B	4		8.4.3.3.
<i>Prunus padus</i>		Traubenkirsche	B	2		8.4.3.3.
<i>Salix fragilis</i>		Bruch-Weide	B	2		8.1.1.2.
<i>Tilia cordata</i>		Winter-Linde	B	1		8.4.3.2.
<i>Fraxinus excelsior</i>		Gewöhnliche Esche	B	1		8.4.3..
<i>Ulmus glabra</i>		Berg-Ulme	B	1		8.4.3.4.
<i>Quercus robur</i>		Stiel-Eiche	B	r		8.4...
<i>Pyrus pyraeaster</i>		Wildbirne	B	2		8.4...
<i>Malus sylvestris</i>		Holz-Apfel	B	2		8.4...
<i>Betula pendula</i>		Hänge-Birke	B	+		....
<i>Prunus padus</i>		Traubenkirsche	S	1		8.4.3.3.
<i>Cornus sanguinea</i>		Blutroter Hartriegel	S	1		8.4.4..
<i>Ulmus glabra</i>		Berg-Ulme	S	1		8.4.3.4.
<i>Acer platanoides</i>		Spitz-Ahorn	S	2		8.4.3.4.
<i>Tilia cordata</i>		Winter-Linde	S	+		8.4.3.2.
<i>Sorbus aucuparia</i>		Vogelbeere	S	+		....
<i>Oxalis acetosella</i>		Wald-Sauerklee	K	2		....
<i>Paris quadrifolia</i>		Einbeere	K	r		8.4.3..
<i>Impatiens noli-tangere</i>		Großes Springkraut	K	2		8.4.3.3.
<i>Aegopodium podagraria</i>		Giersch	K	2		3.5.3.1.
<i>Chelidonium majus</i>		Schöllkraut	K	2		3.5.3..
<i>Ranunculus lanuginosus</i>		Wolliger Hahnenfuß	K	1		8.4.3..
<i>Urtica dioica</i>		Große Brennnessel	K	1		3.5...
<i>Impatiens parviflora</i>		Kleines Springkraut	K	2		8.4.3..
<i>Lysimachia nummularia</i>		Pfennigkraut	K	1		....
<i>Geum rivale</i>		Bach-Nelkenwurz	K	2		5.4.1..
<i>Carex digitata</i>		Finger-Segge	K	r		8.4...
<i>Aruncus dioicus</i>		Wald-Geißbart	K	1		8.4.3..
<i>Fraxinus excelsior</i>		Gewöhnliche Esche	V	2		8.4.3..
<i>Ulmus glabra</i>		Berg-Ulme	V	2		8.4.3.4.
<i>Acer platanoides</i>		Spitz-Ahorn	V	2		8.4.3.4.
<i>Tilia cordata</i>		Winter-Linde	V	+		8.4.3.2.
<i>Prunus padus</i>		Traubenkirsche	V	+		8.4.3.3.
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)			Sichtungen			
08290	Naturnahe Laubwälder und Laub-Nadel-Mischwälder (WS)					
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	4,8	5,3	5,4	6,1	6,8	6,3
Median	5	5	5	6	7	6
Anzahl Arten	32	26	14	26	20	24

Tabelle C-82: Kartierbogen Fort V Kaunas Probefläche GI 2006-001d

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort V Kaunas		Probefl. (m²):	3000m²	Aufnahme-Nr.:	GI 2006-001d
Aufnahmestort:	Böschung linker Flankengraben		Hochwert	54.862346N	Rechtswert	24.002924E
Nutzungsart:	keine		Datum:	04.06.2006	Höhe über NN:	60-65m
Bestand:	Laubwald			Exposition:	ONO	
Aspekt:	Vorsommer		Bearbeiter	Ißbrücker/ Lachma	Neigung:	ca. 45°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)	>5m	<5m			<2m	ohne Duplikate
Artenzahl	10	9	19	1	8	38
Deckungsgrad	100%					
Besonderheiten:	Bestandsalter ca. 70 Jahre, lockerer Kronenschluß, Totholzanteil >5% (stehend, liegend)					
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
Artname		Name	Schicht	nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
				Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer
<i>Alnus incana</i>		Grau-Erle	B	4		8.4.3.3.
<i>Prunus padus</i>		Traubenkirsche	B	2		8.4.3.3.
<i>Salix fragilis</i>		Bruch-Weide	B	2		8.1.1.2.
<i>Tilia cordata</i>		Winter-Linde	B	1		8.4.3.2.
<i>Fraxinus excelsior</i>		Gewöhnliche Esche	B	1		8.4.3..
<i>Ulmus glabra</i>		Berg-Ulme	B	+		8.4.3.4.
<i>Quercus robur</i>		Stiel-Eiche	B	r		8.4...
<i>Pyrus pyraeaster</i>		Wildbirne	B	r		8.4...
<i>Malus sylvestris</i>		Holz-Apfel	B	r		8.4...
<i>Betula pendula</i>		Hänge-Birke	B	r		....
<i>Prunus padus</i>		Traubenkirsche	S	2		8.4.3.3.
<i>Cornus sanguinea</i>		Blutroter Hartriegel	S	1		8.4.4..
<i>Ulmus glabra</i>		Berg-Ulme	S	1		8.4.3.4.
<i>Euonymus europaea</i>		Gewöhnliches Pfaffenhütchen	S	1		8.4.4..
<i>Acer platanoides</i>		Spitz-Ahorn	S	+		8.4.3.4.
<i>Tilia cordata</i>		Winter-Linde	S	+		8.4.3.2.
<i>Viburnum opulus</i>		Gewöhnlicher Schneeball	S	+		8.4.4..
<i>Crataegus monogyna</i>		Eingrifflicher Weißdorn	S	+		8.4.4..
<i>Acer negundo</i>		Eschen-Ahorn	S	r		8.4.3.3.
<i>Oxalis acetosella</i>		Wald-Sauerklee	K	2		....
<i>Paris quadrifolia</i>		Einbeere	K	1		8.4.3..
<i>Impatiens noli-tangere</i>		Großes Springkraut	K	1		8.4.3.3.
<i>Stellaria nemorum</i> ssp. nemorum		Gewöhnliche Hain-Sternmiere	K	1		8.4.3.3.
<i>Aegopodium podagraria</i>		Giersch	K	1		3.5.3.1.
<i>Chelidonium majus</i>		Schöllkraut	K	1		3.5.3..
<i>Ranunculus lanuginosus</i>		Wolliger Hahnenfuß	K	1		8.4.3..
<i>Urtica dioica</i>		Große Brennnessel	K	1		3.5...
<i>Impatiens parviflora</i>		Kleines Springkraut	K	1		8.4.3..
<i>Galium aparine</i>		Gewöhnliches Kletten-Labkraut	K	1		3.5...
<i>Chrysosplenium alternifolium</i>		Wechselblättriges Milzkraut	K	+		8.4.3.3.
<i>Cardamine amara</i> ssp. amara		Bitteres Schaumkraut	K	+		1.7...
<i>Lysimachia nummularia</i>		Pfennigkraut	K	+		....
<i>Geum rivale</i>		Bach-Nelkenwurz	K	+		5.4.1..
<i>Scrophularia nodosa</i>		Knotige Braunwurz	K	+		8.4.3..
<i>Ranunculus cassubicus</i>		Kaschuben-Hahnenfuß	K	+		....
<i>Asarum europaeum</i>		Gewöhnliche Haselwurz	K	r		8.4.3..
<i>Festuca gigantea</i>		Riesen-Schwengel	K	r		8.4.3.3.
<i>Carex digitata</i>		Finger-Segge	K	r		8.4...
<i>Fraxinus excelsior</i>		Gewöhnliche Esche	V	1		8.4.3..
<i>Ulmus glabra</i>		Berg-Ulme	V	1		8.4.3.4.
<i>Acer platanoides</i>		Spitz-Ahorn	V	1		8.4.3.4.
<i>Tilia cordata</i>		Winter-Linde	V	+		8.4.3.2.
<i>Prunus padus</i>		Traubenkirsche	V	+		8.4.3.3.
<i>Acer negundo</i>		Eschen-Ahorn	V	+		8.4.3.3.
<i>Acer pseudoplatanus</i>		Berg-Ahorn	V	r		8.4.3.4.
<i>Ulmus minor</i>		Feld-Ulme	V	r		8.4.3.3.
		Moos unbest.	M	1		
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	4,8	5,4	5,5	6,1	6,8	6,2
Median	5	5	5,5	6	7	6
Anzahl Arten	44	36	20	36	32	36

Tabelle C-83: Kartierbogen Fort V Kaunas Probefläche VJ 2016-001d

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort V Kaunas		Probefl. (m²):	4000m²	Aufnahme-Nr.:	VJ 2016-001e
Aufnahmestort:	Böschung linker Spitzgraben		Hochwert	54.861938N	Rechtswert	24.003331E
Nutzungsart:	keine		Datum:	14.08.2016	Höhe über NN:	60-65m
Bestand:	Laubwald, Tendenz Alno-Ulmion oder Tilio-Acerion				Exposition:	O
Aspekt:	Hochsommer		Bearbeiter	Junghans	Neigung:	ca. 45°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)	>5m	<5m			<5m	ohne Duplikate
Artenzahl	6	9	13	1	11	28
Deckungsgrad	ca 90% Baumschicht, ca. 30% Strauchschicht					
Besonderheiten:	soziologisch indifferent, sichere Zuordnung zu Fagetalia; Artenverarmung v. a. in der Krautschicht und damit fehlende Begleitarten zu 2006, ggf. bedingt durch andere Flächen zu 2006					
B = Baumschicht S = Strauchschicht K = Krautschicht V = Verjüngung						
Artname	Name	Schicht	nach Braun-Blanquet		Schlüssel	
			Dominanz	Sozialität	Soz. Verhalten nach Oberdorfer	
<i>Alnus incana</i>	Grau-Erle	B	3		8.4.3.3.	
<i>Salix fragilis</i>	Bruch-Weide	B	2		8.1.1.2.	
<i>Pyrus pyraeaster</i>	Wildbirne	B	1		8.4...	
<i>Tilia cordata</i>	Winter-Linde	B	1		8.4.3.2.	
<i>Fraxinus excelsior</i>	Gewöhnliche Esche	B	1		8.4.3..	
<i>Populus tremula</i>	Zitter-Pappel	B	2		....
<i>Lonicera xylosteum</i>	Rote Heckenkirsche	S	2		8.4...	
<i>Cornus sanguinea</i>	Blutroter Hartriegel	S	1		8.4.4..	
<i>Euonymus europaea</i>	Gewöhnliches Pfaffenhütchen	S	1		8.4.4..	
<i>Ulmus glabra</i>	Berg-Ulme	S	1		8.4.3.4.	
<i>Acer platanoides</i>	Spitz-Ahorn	S	1		8.4.3.4.	
<i>Tilia cordata</i>	Winter-Linde	S	+		8.4.3.2.	
<i>Acer negundo</i>	Eschen-Ahorn	S	1		8.4.3.3.	
<i>Crataegus monogyna</i>	Eingrifflicher Weißdorn	S	1		8.4.4..	
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Berg-Ahorn	S	1		8.4.3.4.	
<i>Oxalis acetosella</i>	Wald-Sauerklee	K	+		....
<i>Aegopodium podagraria</i>	Giersch	K	1		3.5.3.1.	
<i>Geranium robertianum</i>	Stinkender Storchschnabel	K	+		3.5.3.2.	
<i>Impatiens noli-tangere</i>	Großes Springkraut	K	1		8.4.3.3.	
<i>Paris quadrifolia</i>	Einbeere	K	+		8.4.3..	
<i>Ranunculus lanuginosus</i>	Wolliger Hahnenfuß	K	+		8.4.3..	
<i>Chelidonium majus</i>	Schöllkraut	K	1		3.5.3..	
<i>Impatiens parviflora</i>	Kleines Springkraut	K	1		8.4.3..	
<i>Geum rivale</i>	Bach-Nelkenwurz	K	+		5.4.1..	
<i>Urtica dioica</i>	Große Brennnessel	K	+		3.5...	
<i>Dryopteris filix-mas</i>	Gewöhnlicher Wurmfarne	K	1		8.4.3..	
<i>Agrimonia procera</i>	Großer Odermennig	K	+		6.1.1.1.	
<i>Equisetum sylvaticum</i>	Wald-Schachtelhalm	K	+		8.4.3.3.	
0	Moos n.best.	M	1		....
<i>Fraxinus excelsior</i>	Gewöhnliche Esche	V	1		8.4.3..	
<i>Acer platanoides</i>	Spitz-Ahorn	V	2		8.4.3.4.	
<i>Ulmus glabra</i>	Berg-Ulme	V	1		8.4.3.4.	
<i>Tilia cordata</i>	Winter-Linde	V	+		8.4.3.2.	
<i>Prunus padus</i>	Traubenkirsche	V	1		8.4.3.3.	
<i>Ulmus minor</i>	Feld-Ulme	V	+		8.4.3.3.	
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Berg-Ahorn	V	1		8.4.3.4.	
<i>Quercus robur</i>	Stiel-Eiche	V	+		8.4...	
<i>Crataegus monogyna</i>	Eingrifflicher Weißdorn	V	1		8.4.4..	
<i>Cornus sanguinea</i>	Blutroter Hartriegel	V	+		8.4.4..	
<i>Sorbus aucuparia</i>	Vogelbeere	V	+		....
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)	Sichtungen					
08290	Naturnahe Laubwälder und Laub-Nadel-Mischwälder (WS)					
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	4,9	5,3	5,3	5,7	6,8	6,1
Median	5	5	5	5	7	6
Anzahl Arten	38	30	16	31	26	29

Tabelle C-84: Kartierbogen Fort V Kaunas Probefläche GI 2006-001e

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort V Kaunas		Probefl. (m²):	4500m²	Aufnahme-Nr.:	GI 2006-001e
Aufnahmestandort:	Böschung linker Spitzgraben		Hochwert	54.861938N	Rechtswert	24.003331E
Nutzungsart:	keine		Datum:	04.06.2006	Höhe über NN:	60-65m
Bestand:	Laubwald				Exposition:	O
Aspekt:	Vorsommer		Bearbeiter	Ilßbrücker/ Lachma	Neigung:	ca. 45°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)	>20m	<5m			<2m	ohne Duplikate
Artenzahl	12	12	18	1	9	40
Deckungsgrad	100%					
Besonderheiten:	Bestandsalter ca. 60 Jahre, dichter Kronenschluß, Totholzanteil 1-5% (stehend, liegend)					
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
Artname	Name	Schicht	Dominanz	Soziabilität	Soz. Verhalten nach Oberdorfer	
<i>Alnus incana</i>	Grau-Erle	B	4		8.4.3.3.	
<i>Prunus padus</i>	Traubenkirsche	B	2		8.4.3.3.	
<i>Salix fragilis</i>	Bruch-Weide	B	1		8.1.1.2.	
<i>Pyrus pyraister</i>	Wildbirne	B	1		8.4...	
<i>Tilia cordata</i>	Winter-Linde	B	1		8.4.3.2.	
<i>Fraxinus excelsior</i>	Gewöhnliche Esche	B	+		8.4.3..	
<i>Malus sylvestris</i>	Holz-Apfel	B	+		8.4...	
<i>Populus tremula</i>	Zitter-Pappel	B	+		....
<i>Ulmus glabra</i>	Berg-Ulme	B	+		8.4.3.4.	
<i>Acer platanoides</i>	Spitz-Ahorn	B	r		8.4.3.4.	
<i>Betula pendula</i>	Hänge-Birke	B	r		....
<i>Quercus robur</i>	Stiel-Eiche	B	r		8.4...	
<i>Lonicera xylosteum</i>	Rote Heckenkirsche	S	2		8.4...	
<i>Prunus padus</i>	Traubenkirsche	S	2		8.4.3.3.	
<i>Cornus sanguinea</i>	Blutroter Hartriegel	S	1		8.4.4..	
<i>Euonymus europaea</i>	Gewöhnliches Pfaffenhütchen	S	1		8.4.4..	
<i>Ulmus glabra</i>	Berg-Ulme	S	1		8.4.3.4.	
<i>Acer platanoides</i>	Spitz-Ahorn	S	1		8.4.3.4.	
<i>Tilia cordata</i>	Winter-Linde	S	+		8.4.3.2.	
<i>Acer negundo</i>	Eschen-Ahorn	S	+		8.4.3.3.	
<i>Crataegus monogyna</i>	Eingrifflicher Weißdorn	S	+		8.4.4..	
<i>Viburnum opulus</i>	Gewöhnlicher Schneeball	S	+		8.4.4..	
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Berg-Ahorn	S	r		8.4.3.4.	
<i>Sambucus nigra</i>	Schwarzer Holunder	S	r		....
<i>Oxalis acetosella</i>	Wald-Sauerklee	K	2		....
<i>Aegopodium podagraria</i>	Giersch	K	2		3.5.3.1.	
<i>Geranium robertianum</i>	Stinkender Storchschnabel	K	2		3.5.3.2.	
<i>Impatiens noli-tangere</i>	Großes Springkraut	K	2		8.4.3.3.	
<i>Paris quadrifolia</i>	Einbeere	K	2		8.4.3..	
<i>Ranunculus lanuginosus</i>	Wolliger Hahnenfuß	K	2		8.4.3..	
<i>Galium aparine</i>	Gewöhnliches Kletten-Labkraut	K	2		3.5...	
<i>Chelidonium majus</i>	Schöllkraut	K	1		3.5.3..	
<i>Impatiens parviflora</i>	Kleines Springkraut	K	1		8.4.3..	
<i>Geum rivale</i>	Bach-Nelkenwurz	K	1		5.4.1..	
<i>Stachys sylvatica</i>	Wald-Ziest	K	1		8.4.3.3.	
<i>Pulmonaria obscura</i>	Dunkles Lungenkraut	K	1		8.4.3..	
<i>Urtica dioica</i>	Große Brennnessel	K	+		3.5...	
<i>Scrophularia nodosa</i>	Knotige Braunwurz	K	+		8.4.3..	
<i>Dryopteris filix-mas</i>	Gewöhnlicher Wurmfarne	K	+		8.4.3..	
<i>Ranunculus cassubicus</i>	Kaschuben Hahnenfuß	K	+		....
<i>Valeriana officinalis</i>	Echter Arznei-Baldrian	K	r		5.4.1.2.	
<i>Aruncus dioicus</i>	Wald-Geißbart	K	r		8.4.3..	
<i>Fraxinus excelsior</i>	Gewöhnliche Esche	V	1		8.4.3..	
<i>Acer platanoides</i>	Spitz-Ahorn	V	1		8.4.3.4.	
<i>Ulmus glabra</i>	Berg-Ulme	V	1		8.4.3.4.	
<i>Tilia cordata</i>	Winter-Linde	V	+		8.4.3.2.	
<i>Prunus padus</i>	Traubenkirsche	V	+		8.4.3.3.	
<i>Acer negundo</i>	Eschen-Ahorn	V	+		8.4.3.3.	
<i>Ulmus minor</i>	Feld-Ulme	V	r		8.4.3.3.	
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Berg-Ahorn	V	r		8.4.3.4.	
<i>Quercus robur</i>	Stiel-Eiche	V	r		8.4...	
0	Moos n. best.	M	2		....
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	5,0	5,4	5,4	6,0	6,9	6,5
Median	5	5	5	6	7	7
Anzahl Arten	49	40	21	38	32	39

Tabelle C-85: Kartierbogen Fort V Kaunas Probefläche VJ 2016-001f

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort V Kaunas		Probefl. (m²):	4000m²	Aufnahme-Nr.:	VJ 2016-001f
Aufnahmestort:	Böschung rechter Spitzgraben		Hochwert	54.860827N	Rechtswert	24.001278E
Nutzungsart:	keine		Datum:	14.08.2016	Höhe über NN:	60-65m
Bestand:	Laubwald, Tendenz Alno-Ulmion oder Tilio-Acerion				Exposition:	SO
Aspekt:	Hochsommer		Bearbeiter	Junghans	Neigung:	ca. 45°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)	>5m	<5m			<5m	ohne Duplikate
Artenzahl	6	5	11	1	5	24
Deckungsgrad	ca 90% Baumschicht, ca. 20% Strauchschicht					
Besonderheiten:	soziologisch indifferent, sichere Zuordnung zu Fagetalia; Artenverarmung v. a. in der Krautschicht und damit fehlende Begleitarten zu 2006, ggf. bedingt durch andere Flächen zu 2006					
B = Baumschicht		S = Strauchschicht		K = Krautschicht		V = Verjüngung
						Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname	Name		Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer
<i>Salix fragilis</i>	Bruch-Weide		B	2		8.1.1.2.
<i>Alnus incana</i>	Grau-Erle		B	2		8.4.3.3.
<i>Prunus padus</i>	Traubenkirsche		B	2		8.4.3.3.
<i>Pyrus pyraister</i>	Wildbirne		B	2		8.4...
<i>Acer platanoides</i>	Spitz-Ahorn		B	1		8.4.3.4.
<i>Malus sylvestris</i>	Holz-Apfel		B	2		8.4...
<i>Lonicera xylosteum</i>	Rote Heckenkirsche		S	2		8.4...
<i>Crataegus monogyna</i>	Eingrifflicher Weißdorn		S	2		8.4.4..
<i>Prunus padus</i>	Traubenkirsche		S	+		8.4.3.3.
<i>Cornus sanguinea</i>	Blutroter Hartriegel		S	+		8.4.4..
<i>Acer platanoides</i>	Spitz-Ahorn		S	+		8.4.3.4.
<i>Impatiens noli-tangere</i>	Großes Springkraut		K	2		8.4.3.3.
<i>Oxalis acetosella</i>	Wald-Sauerklee		K	2		....
<i>Chelidonium majus</i>	Schöllkraut		K	2		3.5.3..
<i>Lysimachia nummularia</i>	Pfennigkraut		K	1		....
<i>Ranunculus lanuginosus</i>	Wolliger Hahnenfuß		K	1		8.4.3..
<i>Geum rivale</i>	Bach-Nelkenwurz		K	1		5.4.1..
<i>Stachys sylvatica</i>	Wald-Ziest		K	1		8.4.3.3.
<i>Dryopteris filix-mas</i>	Gewöhnlicher Wurmfar		K	1		8.4.3..
<i>Campanula trachelium</i>	Nesselblättrige Glockenblume		K	+		8.4.3..
<i>Geranium robertianum</i>	Stinkender Storchschnabel		K	1		3.5.3.2.
<i>Aegopodium podagraria</i>	Giersch		K	1		3.5.3.1.
<i>Fraxinus excelsior</i>	Gewöhnliche Esche		V	1		8.4.3..
<i>Acer platanoides</i>	Spitz-Ahorn		V	1		8.4.3.4.
<i>Ulmus glabra</i>	Berg-Ulme		V	1		8.4.3.4.
<i>Prunus padus</i>	Traubenkirsche		V	1		8.4.3.3.
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Berg-Ahorn		V	1		8.4.3.4.
0	Moos n.best.		M	1		....
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)			Sichtungen			
08290	Naturnahe Laubwälder und Laub-Nadel-Mischwälder (WS)					
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	4,7	5,4	5,5	6,2	6,9	6,4
Median	5	5	5	6	7	6
Anzahl Arten	27	20	11	22	19	20

Tabelle C-86: Kartierbogen Fort V Kaunas Probefläche GI 2006-001f

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort V Kaunas		Probefl. (m²):	4000m²	Aufnahme-Nr.:	GI 2006-001f
Aufnahmestort:	Böschung rechter Spitzgraben		Hochwert	54.860827N	Rechtswert	24.001278E
Nutzungsart:	keine		Datum:	04.06.2006	Höhe über NN:	60-65m
Bestand:	Laubwald				Exposition:	SO
Aspekt:	Vorsommer		Bearbeiter	Ißbrücker/ Lachma	Neigung:	ca. 45°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)	17m	<5m			<2m	ohne Duplikate
Artenzahl	12	13	20	1	4	41
Deckungsgrad		100%				
Besonderheiten:		Bestandsalter ca. 70 Jahre, lockerer Kronenschluß, Totholzanteil 5-10% (stehend, liegend)				
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
Artname		Name	Schicht	nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
				Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer
Salix fragilis		Bruch-Weide	B	3		8.1.1.2.
Alnus incana		Grau-Erle	B	2		8.4.3.3.
Prunus padus		Traubenkirsche	B	2		8.4.3.3.
Pyrus pyraister		Wildbirne	B	1		8.4...
Ulmus glabra		Berg-Ulme	B	1		8.4.3.4.
Tilia cordata		Winter-Linde	B	1		8.4.3.2.
Salix caprea		Sal-Weide	B	1		6.2.1.3.
Acer platanoides		Spitz-Ahorn	B	1		8.4.3.4.
Malus sylvestris		Holz-Apfel	B	+		8.4...
Fraxinus excelsior		Gewöhnliche Esche	B	+		8.4.3..
Quercus robur		Stiel-Eiche	B	r		8.4...
Ulmus minor		Feld-Ulme	B	r		8.4.3.3.
Lonicera xylosteum		Rote Heckenkirsche	S	2		8.4...
Crataegus monogyna		Eingrifflicher Weißdorn	S	1		8.4.4..
Prunus padus		Traubenkirsche	S	1		8.4.3.3.
Cornus sanguinea		Blutroter Hartriegel	S	1		8.4.4..
Euonymus europaea		Gewöhnliches Pfaffenhütchen	S	1		8.4.4..
Rubus idaeus		Himbeere	S	1		....
Ulmus glabra		Berg-Ulme	S	+		8.4.3.4.
Tilia cordata		Winter-Linde	S	+		8.4.3.2.
Acer platanoides		Spitz-Ahorn	S	+		8.4.3.4.
Fraxinus excelsior		Gewöhnliche Esche	S	+		8.4.3..
Viburnum opulus		Gewöhnlicher Schneeball	S	+		8.4.4..
Corylus avellana		Haselnuß	S	+		8.4...
Sorbus aucuparia		Vogelbeere	S	r		....
Impatiens noli-tangere		Großes Springkraut	K	2		8.4.3.3.
Impatiens parviflora		Kleines Springkraut	K	2		8.4.3..
Oxalis acetosella		Wald-Sauerklee	K	2		....
Paris quadrifolia		Einbeere	K	1		8.4.3..
Chelidonium majus		Schöllkraut	K	1		3.5.3..
Geranium robertianum		Stinkender Storchschnabel	K	1		3.5.3.2.
Lysimachia nummularia		Pfennigkraut	K	1		....
Pulmonaria obscura		Dunkles Lungenkraut	K	1		8.4.3..
Ranunculus lanuginosus		Wolliger Hahnenfuß	K	1		8.4.3..
Geum rivale		Bach-Nelkenwurz	K	1		5.4.1..
Aegopodium podagraria		Giersch	K	1		3.5.3.1.
Galium aparine		Gewöhnliches Kletten-Labkraut	K	1		3.5...
Stachys sylvatica		Wald-Ziest	K	1		8.4.3.3.
Veronica chamaedrys		Gamander-Ehrenpreis	K	+		....
Dryopteris filix-mas		Gewöhnlicher Wurmfarne	K	+		8.4.3..
Scrophularia nodosa		Knotige Braunwurz	K	+		8.4.3..
Chaerophyllum aromaticum		Aromatischer Kälberkröpf	K	+		3.5.3.1.
Deschampsia cespitosa		Rasen-Schmiele	K	r		....
Equisetum telmateia		Riesen-Schachtelhalm	K	r		8.4.3.3.
Dactylis glomerata		Wiesen-Knäuelgras	K	r		....
Fraxinus excelsior		Gewöhnliche Esche	V	1		8.4.3..
Acer platanoides		Spitz-Ahorn	V	1		8.4.3.4.
Ulmus glabra		Berg-Ulme	V	1		8.4.3.4.
Prunus padus		Traubenkirsche	V	+		8.4.3.3.
0		Moos n. best.	M	2		....
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	5,1	5,4	5,3	6,1	6,8	6,2
Median	5	5	5	6	7	6
Anzahl Arten	49	37	16	35	33	38

Tabelle C-87: Kartierbogen Fort V Kaunas Probefläche VJ 2016-0011

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort V Kaunas		Probefl. (m²):	700m²	Aufnahme-Nr.:	VJ 2016-0011
Aufnahmestort:	Innenbereich vor Eskarpemauer		Hochwert	54.861201N	Rechtswert	23.998263E
Nutzungsart:	keine		Datum:	14.08.2016	Höhe über NN:	60-65m
Bestand:	Laubwald, Tendenz Alno-Ulmion oder Tilio-Acerion				Exposition:	NNW
Aspekt:	Hochsommer		Bearbeiter	Junghans	Neigung:	ca. 45°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)	>5m	<5m			<5m	ohne Duplikate
Artenzahl	7	9	12	1	6	27
Deckungsgrad		ca 90% Baumschicht, ca. 20% Strauchschicht				
Besonderheiten:		soziologisch indifferent, sichere Zuordnung zu Fagetalia; Artenverarmung v. a. in der Krautschicht, ggf. bedingt durch andere Flächengröße zu 2006, Totholzanteil 5-10% (stehend liegend)				
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname		Name	Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer
Alnus incana		Grau-Erle	B	4		8.4.3.3.
Prunus padus		Traubenkirsche	B	1		8.4.3.3.
Malus sylvestris		Holz-Apfel	B	1		8.4...
Fraxinus excelsior		Gewöhnliche Esche	B	1		8.4.3..
Tilia cordata		Winter-Linde	B	+		8.4.3.2.
Acer platanoides		Spitz-Ahorn	B	1		8.4.3.4.
Pyrus pyraeaster		Wildbirne	B	+		8.4...
Lonicera xylosteum		Rote Heckenkirsche	S	1		8.4...
Crataegus monogyna		Eingrifflicher Weißdorn	S	1		8.4.4..
Prunus padus		Traubenkirsche	S	1		8.4.3.3.
Cornus sanguinea		Blutroter Hartriegel	S	1		8.4.4..
Ulmus glabra		Berg-Ulme	S	1		8.4.3.4.
Ulmus minor		Feld-Ulme	S	1		8.4.3.3.
Amelanchier ovalis		Echte Felsenbirne	S	r		8.4.4.2.
Sambucus nigra		Schwarzer Holunder	S	r		....
Sambucus racemosa		Trauben-Holunder	S	r		6.2.1.3.
Pulmonaria obscura		Dunkles Lungenkraut	K	1		8.4.3..
Paris quadrifolia		Einbeere	K	1		8.4.3..
Oxalis acetosella		Wald-Sauerklee	K	1		....
Aegopodium podagraria		Giersch	K	1		3.5.3.1.
Geum rivale		Bach-Nelkenwurz	K	1		5.4.1..
Chrysosplenium alternifolium	Wechselblättriges Milzkraut		K	1		8.4.3.3.
Impatiens parviflora		Kleines Springkraut	K	1		8.4.3..
Ranunculus cassubicus		Kaschuben-Hahnenfuß	K	+		....
Dryopteris filix-mas		Gewöhnlicher Wurmfarne	K	1		8.4.3..
Impatiens noli-tangere		Großes Springkraut	K	1		8.4.3.3.
Geranium robertianum		Stinkender Storchschnabel	K	1		3.5.3.2.
Campanula baumgartenii	Lanzettblättrige Glockenblume		K	+		6.1.1.1.
Fraxinus excelsior		Gewöhnliche Esche	V	1		8.4.3..
Acer platanoides		Spitz-Ahorn	V	1		8.4.3.4.
Ulmus glabra		Berg-Ulme	V	1		8.4.3.4.
Ulmus minor		Feld-Ulme	V	+		8.4.3.3.
Prunus padus		Traubenkirsche	V	+		8.4.3.3.
Quercus robur		Stiel-Eiche	V	r		8.4...
0		Moos n. best.	M	1		....
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)			Sichtungen			
08290	Naturnahe Laubwälder und Laub-Nadel-Mischwälder (WS)					
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	5,0	5,4	5,3	5,8	6,9	6,0
Median	5	5	5	5	7	6
Anzahl Arten	33	27	15	25	24	25

Tabelle C-88: Kartierbogen Fort V Kaunas Probefläche GI 2006-0011

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort V Kaunas		Probefl. (m²):	2500m²	Aufnahme-Nr.:	GI 2006-0011
Aufnahmestort:	Eskarp.-/Kontereskarpe re. Kgr.		Hochwert	54.861201N	Rechtswert	23.998263E
Nutzungsart:	keine		Datum:	04.06.2006	Höhe über NN:	60-65m
Bestand:	Laubwald				Exposition:	NNW
Aspekt:	Vorsommer		Bearbeiter	Ißbrücker/ Lachma	Neigung:	ca. 45°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)	17m	<5m			<2m	ohne Duplikate
Artenzahl	9	13	19	1	6	41
Deckungsgrad	100%					
Besonderheiten:	Bestandsalter ca. 60-70 Jahre, dichter Kronenschluß, Totholzanteil 1-5% (stehend, liegend)					
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname		Name	Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer
<i>Alnus incana</i>		Grau-Erle	B	4		8.4.3.3.
<i>Prunus padus</i>		Traubenkirsche	B	2		8.4.3.3.
<i>Malus sylvestris</i>		Holz-Apfel	B	1		8.4...
<i>Fraxinus excelsior</i>		Gewöhnliche Esche	B	1		8.4.3..
<i>Tilia cordata</i>		Winter-Linde	B	1		8.4.3.2.
<i>Acer platanoides</i>		Spitz-Ahorn	B	1		8.4.3.4.
<i>Pyrus pyraaster</i>		Wildbirne	B	+		8.4...
<i>Ulmus minor</i>		Feld-Ulme	B	+		8.4.3.3.
<i>Salix fragilis</i>		Bruch-Weide	B	r		8.1.1.2.
<i>Lonicera xylosteum</i>		Rote Heckenkirsche	S	2		8.4...
<i>Crataegus monogyna</i>		Eingrifflicher Weißdorn	S	2		8.4.4..
<i>Prunus padus</i>		Traubenkirsche	S	1		8.4.3.3.
<i>Cornus sanguinea</i>		Blutroter Hartriegel	S	1		8.4.4..
<i>Ulmus glabra</i>		Berg-Ulme	S	1		8.4.3.4.
<i>Euonymus europaea</i>		Gewöhnliches Pfaffenhütchen	S	1		8.4.4..
<i>Ulmus minor</i>		Feld-Ulme	S	+		8.4.3.3.
<i>Viburnum opulus</i>		Gewöhnlicher Schneeball	S	+		8.4.4..
<i>Rubus idaeus</i>		Himbeere	S	+		....
<i>Corylus avellana</i>		Haselnuß	S	+		8.4...
<i>Amelanchier ovalis</i>		Echte Felsenbirne	S	r		8.4.4.2.
<i>Sambucus nigra</i>		Schwarzer Holunder	S	r		....
<i>Sambucus racemosa</i>		Trauben-Holunder	S	r		6.2.1.3.
<i>Lysimachia nummularia</i>		Pfennigkraut	K	2		....
<i>Ranunculus lanuginosus</i>		Wolliger Hahnenfuß	K	2		8.4.3..
<i>Pulmonaria obscura</i>		Dunkles Lungenkraut	K	2		8.4.3..
<i>Paris quadrifolia</i>		Einbeere	K	2		8.4.3..
<i>Oxalis acetosella</i>		Wald-Sauerklee	K	1		....
<i>Impatiens noli-tangere</i>		Großes Springkraut	K	1		8.4.3.3.
<i>Cardamine amara ssp. amara</i>		Bitteres Schaumkraut	K	1		1.7...
<i>Stellaria nemorum</i>		Hain-Sternmiere	K	1		8.4.3.3.
<i>Aegopodium podagraria</i>		Giersch	K	1		3.5.3.1.
<i>Geum rivale</i>		Bach-Nelkenwurz	K	1		5.4.1..
<i>Chrysosplenium alternifolium</i>		Wechselblättriges Milzkraut	K	1		8.4.3.3.
<i>Stachys sylvatica</i>		Wald-Ziest	K	1		8.4.3.3.
<i>Veronica chamaedrys</i>		Gamander-Ehrenpreis	K	1		....
<i>Impatiens parviflora</i>		Kleines Springkraut	K	+		8.4.3..
<i>Urtica dioica</i>		Große Brennnessel	K	+		3.5...
<i>Ranunculus cassubicus</i>		Kaschuben-Hahnenfuß	K	+		....
<i>Dryopteris filix-mas</i>		Gewöhnlicher Wurmfarne	K	+		8.4.3..
<i>Anemone nemorosa</i>		Busch-Windröschen	K	+		8.4...
<i>Equisetum telmateia</i>		Riesen-Schachtelhalm	K	r		8.4.3.3.
<i>Fraxinus excelsior</i>		Gewöhnliche Esche	V	1		8.4.3..
<i>Acer platanoides</i>		Spitz-Ahorn	V	1		8.4.3.4.
<i>Ulmus glabra</i>		Berg-Ulme	V	1		8.4.3.4.
<i>Ulmus minor</i>		Feld-Ulme	V	+		8.4.3.3.
<i>Prunus padus</i>		Traubenkirsche	V	+		8.4.3.3.
<i>Quercus robur</i>		Stiel-Eiche	V	r		8.4...
0		Moos n. best.	M	1		....
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	5,0	5,4	5,1	6,1	6,9	6,1
Median	5	5	5	6	7	6
Anzahl Arten	44	34	18	35	33	34

Tabelle C-89: Kartierbogen Fort V Kaunas Probefläche VJ 2016-001o

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort V Kaunas		Probefl. (m²):	1000m²	Aufnahme-Nr.:	VJ 2016-001o
Aufnahmestort:	Eskarp./Kontereskarpe re. Kgr.		Hochwert	54.862427N	Rechtswert	23.994949E
Nutzungsart:	keine		Datum:	13.08.2016	Höhe über NN:	64m
Bestand:	Laubwald				Exposition:	
Aspekt:	Vorsommer		Bearbeiter	Ißbrücker/ Lachma	Neigung:	
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)	18m	<5m			<2m	ohne Duplikate
Artenzahl	4	6	9	0	6	17
Deckungsgrad	85%					
Besonderheiten:	Bestandsalter ca. 80-90 Jahre, dichter Kronenschluß, Totholzanteil 5% (liegend)					
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname	Name	Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer	
<i>Tilia cordata</i>	Winter-Linde	B	3		8.4.3.2.	
<i>Ulmus glabra</i>	Berg-Ulme	B	+		8.4.3.4.	
<i>Acer platanoides</i>	Spitz-Ahorn	B	+		8.4.3.4.	
<i>Fraxinus excelsior</i>	Gewöhnliche Esche	B	r		8.4.3..	
<i>Acer platanoides</i>	Spitz-Ahorn	S	2		8.4.3.4.	
<i>Tilia cordata</i>	Winter-Linde	S	1		8.4.3.2.	
<i>Fraxinus excelsior</i>	Gewöhnliche Esche	S	1		8.4.3..	
<i>Ulmus glabra</i>	Berg-Ulme	S	1		8.4.3.4.	
<i>Sambucus nigra</i>	Schwarzer Holunder	S	1		....
<i>Lonicera xylosteum</i>	Rote Heckenkirsche	S	+		8.4...	
<i>Oxalis acetosella</i>	Wald-Sauerklee	K	1		....
<i>Asarum europaeum</i>	Gewöhnliche Haselwurz	K	1		8.4.3..	
<i>Ranunculus lanuginosus</i>	Wolliger Hahnenfuß	K	1		8.4.3..	
<i>Paris quadrifolia</i>	Einbeere	K	1		8.4.3..	
<i>Aegopodium podagraria</i>	Giersch	K	3		3.5.3.1.	
<i>Pulmonaria obscura</i>	Dunkles Lungenkraut	K	1		8.4.3..	
<i>Impatiens noli-tangere</i>	Großes Springkraut	K	2		8.4.3.3.	
<i>Cardamine amara ssp. amara</i>	Bitteres Schaumkraut	K	+		1.7...	
<i>Geranium robertianum</i>	Stinkender Storchschnabel	K	1		3.5.3.2.	
<i>Fraxinus excelsior</i>	Gewöhnliche Esche	V	1		8.4.3..	
<i>Acer platanoides</i>	Spitz-Ahorn	V	2		8.4.3.4.	
<i>Tilia cordata</i>	Winter-Linde	V	+		8.4.3.2.	
<i>Ulmus glabra</i>	Berg-Ulme	V	+		8.4.3.4.	
<i>Prunus padus</i>	Traubenkirsche	V	+		8.4.3.3.	
0	Moos n.best.	V	1		....
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)	Sichtungen					
08290	Naturnahe Laubwälder und Laub-Nadel-Mischwälder (WS)					
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	4,3	5,3	5,1	5,9	6,8	6,5
Median	4	5	5	6	7	7
Anzahl Arten	24	20	13	17	16	21

Tabelle C-90: Kartierbogen Fort V Kaunas Probefläche GI 2006-001o

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort V Kaunas		Probefl. (m²):	500m²	Aufnahme-Nr.:	GI 2006-001o
Aufnahmestort:	Eskarp.-/Kontereskarpe re. Kgr.		Hochwert	54.862427N	Rechtswert	23.994949E
Nutzungsart:	keine		Datum:	04.06.2006	Höhe über NN:	64m
Bestand:	Laubwald				Exposition:	
Aspekt:	Vorsommer		Bearbeiter	lßbrücker/ Lachma	Neigung:	
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)	18m	<5m			<2m	ohne Duplikate
Artenzahl	4	7	12	1	5	21
Deckungsgrad	85%					
Besonderheiten:	Bestandsalter ca. 70-80 Jahre, kein Kronenschluß, Totholzanteil 1-5% (liegend)					
B = Baumschicht S = Strauchschicht K = Krautschicht V = Verjüngung						
				nach Braun-Blanquet		Schlüssel
Artname	Name		Schicht	Dominanz	Soziabilität	Soz. Verhalten nach Oberdorfer
<i>Tilia cordata</i>	Winter-Linde		B	3		8.4.3.2.
<i>Ulmus glabra</i>	Berg-Ulme		B	+		8.4.3.4.
<i>Acer platanoides</i>	Spitz-Ahorn		B	+		8.4.3.4.
<i>Fraxinus excelsior</i>	Gewöhnliche Esche		B	r		8.4.3..
<i>Acer platanoides</i>	Spitz-Ahorn		S	2		8.4.3.4.
<i>Tilia cordata</i>	Winter-Linde		S	1		8.4.3.2.
<i>Fraxinus excelsior</i>	Gewöhnliche Esche		S	1		8.4.3..
<i>Corylus avellana</i>	Haselnuß		S	1		8.4...
<i>Ulmus glabra</i>	Berg-Ulme		S	1		8.4.3.4.
<i>Sambucus nigra</i>	Schwarzer Holunder		S	+		....
<i>Lonicera xylosteum</i>	Rote Heckenkirsche		S	r		8.4...
<i>Oxalis acetosella</i>	Wald-Sauerklee		K	2		....
<i>Asarum europaeum</i>	Gewöhnliche Haselwurz		K	2		8.4.3..
<i>Ranunculus lanuginosus</i>	Wolliger Hahnenfuß		K	2		8.4.3..
<i>Scopolia carniolica</i>	Krainer Tollkraut		K	2		....
<i>Aegopodium podagraria</i>	Giersch		K	1		3.5.3.1.
<i>Pulmonaria obscura</i>	Dunkles Lungenkraut		K	1		8.4.3..
<i>Impatiens noli-tangere</i>	Großes Springkraut		K	1		8.4.3.3.
<i>Chrysosplenium alternifolium</i>	Wechselblättriges Milzkraut		K	+		8.4.3.3.
<i>Cardamine amara ssp. amara</i>	Bitteres Schaumkraut		K	+		1.7...
<i>Geranium robertianum</i>	Stinkender Storchschnabel		K	+		3.5.3.2.
<i>Lamium galeobdolon</i>	Gewöhnliche Goldnessel		K	r		8.4.3..
<i>Ranunculus cassubicus</i>	Kaschuben-Hahnenfuß		K	r		....
<i>Fraxinus excelsior</i>	Gewöhnliche Esche		V	1		8.4.3..
<i>Acer platanoides</i>	Spitz-Ahorn		V	1		8.4.3.4.
<i>Tilia cordata</i>	Winter-Linde		V	1		8.4.3.2.
<i>Ulmus glabra</i>	Berg-Ulme		V	+		8.4.3.4.
<i>Prunus padus</i>	Traubenkirsche		V	r		8.4.3.3.
0	Moos n.best.		M	1		....
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)			Sichtungen			
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	4,3	5,2	5,1	6,0	6,8	6,3
Median	4	5	5	6	7	6
Anzahl Arten	26	23	15	18	17	23

Tabelle C-91: Kartierbogen Fort V Kaunas Probefläche VJ 2016-002a

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort V Kaunas		Probefl. (m²):	2000m²	Aufnahme-Nr.:	VJ 2016-002a
Aufnahmestort:	Kontereskarpe all li. Kehlgraben		Hochwert	54.862469N	Rechtswert	24.000572E
Nutzungsart:	keine		Datum:	14.08.2016	Höhe über NN:	64m
Bestand:	Laubwald				Exposition:	O
Aspekt:	Hochsommer		Bearbeiter	Junghans	Neigung:	5°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)	>5m	<5m			<2m	ohne Duplikate
Artenzahl	9	10	0	0	5	19
Deckungsgrad	100% Baumschicht					
Besonderheiten:	Bestandsalter ca. 70-80 Jahre, Totholzanteil <1% (liegend), keine Krauschicht durch sehr dichten Kronenschluß					
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname	Name	Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer	
<i>Fraxinus excelsior</i>	Gewöhnliche Esche	B	1		8.4.3..	
<i>Pyrus pyraeaster</i>	Wildbirne	B	3		8.4...	
<i>Crataegus monogyna</i>	Eingrifflicher Weißdorn	B	2		8.4.4..	
<i>Salix caprea</i>	Sal-Weide	B	2		6.2.1.3.	
<i>Malus sylvestris</i>	Holz-Äpfel	B	2		8.4...	
<i>Tilia cordata</i>	Winter-Linde	B	1		8.4.3.2.	
<i>Ulmus glabra</i>	Berg-Ulme	B	1		8.4.3.4.	
<i>Salix fragilis</i>	Bruch-Weide	B	2		8.1.1.2.	
<i>Betula pendula</i>	Hänge-Birke	B	+		....
<i>Cornus sanguinea</i>	Blutroter Hartriegel	S	1		8.4.4..	
<i>Lonicera xylosteum</i>	Rote Heckenkirsche	S	1		8.4...	
<i>Euonymus europaea</i>	Gewöhnliches Pfaffenhütchen	S	1		8.4.4..	
<i>Crataegus monogyna</i>	Eingrifflicher Weißdorn	S	2		8.4.4..	
<i>Prunus padus</i>	Traubenkirsche	S	1		8.4.3.3.	
<i>Acer platanoides</i>	Spitz-Ahorn	S	2		8.4.3.4.	
<i>Tilia cordata</i>	Winter-Linde	S	1		8.4.3.2.	
<i>Corylus avellana</i>	Haselnuß	S	+		8.4...	
<i>Humulus lupulus</i>	Gewöhnlicher Hopfen	S	+		8....	
<i>Sorbus aucuparia</i>	Vogelbeere	S	1		....
<i>Acer platanoides</i>	Spitz-Ahorn	V	2		8.4.3.4.	
<i>Tilia cordata</i>	Winter-Linde	V	1		8.4.3.2.	
<i>Carpinus betulus</i>	Hainbuche	V	2		8.4.3.2.	
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Berg-Ahorn	V	1		8.4.3.4.	
<i>Crataegus monogyna</i>	Eingrifflicher Weißdorn	V	2		8.4.4..	
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)	Sichtungen					
08290	Naturnahe Laubwälder und Laub-Nadel-Mischwälder (WS)					
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	5,6	5,4	5,1	5,5	7,0	5,6
Median	5,5	5	5	5	7	5
Anzahl Arten	24	20	9	17	15	17

Tabelle C-92: Kartierbogen Fort V Kaunas Probefläche GI 2006-002a

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort V Kaunas		Probefl. (m²):	500m²	Aufnahme-Nr.:	GI 2006-002a
Aufnahmestort:	Kontereskarpe all li. Kehlgraben		Hochwert	54.862469N	Rechtswert	24.000572E
Nutzungsart:	keine		Datum:	02.06.2006	Höhe über NN:	62m
Bestand:	Vorwald-Gehlöz				Exposition:	O
Aspekt:	Vorsommer		Bearbeiter	Ißbrücker/ Lachma	Neigung:	5°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)	12m	<5m			1m	ohne Duplikate
Artenzahl	8	9	6	0	4	23
Deckungsgrad	100%					
Besonderheiten:	Bestandsalter ca. 70 Jahre, Totholzanteil <1% (liegend)					
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname		Name	Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer
<i>Pyrus pyraister</i>		Wildbirne	B	3		8.4...
<i>Crataegus monogyna</i>		Eingrifflicher Weißdorn	B	2		8.4.4..
<i>Salix caprea</i>		Sal-Weide	B	2		6.2.1.3.
<i>Malus sylvestris</i>		Holz-Apfel	B	2		8.4...
<i>Tilia cordata</i>		Winter-Linde	B	1		8.4.3.2.
<i>Ulmus glabra</i>		Berg-Ulme	B	+		8.4.3.4.
<i>Salix fragilis</i>		Bruch-Weide	B	+		8.1.1.2.
<i>Betula pendula</i>		Hänge-Birke	B	+		....
<i>Cornus sanguinea</i>		Blutroter Hartriegel	S	2		8.4.4..
<i>Lonicera xylosteum</i>		Rote Heckenkirsche	S	2		8.4...
<i>Euonymus europaea</i>		Gewöhnliches Pfaffenhütchen	S	1		8.4.4..
<i>Crataegus monogyna</i>		Eingrifflicher Weißdorn	S	1		8.4.4..
<i>Prunus padus</i>		Traubenkirsche	S	1		8.4.3.3.
<i>Acer platanoides</i>		Spitz-Ahorn	S	+		8.4.3.4.
<i>Tilia cordata</i>		Winter-Linde	S	+		8.4.3.2.
<i>Corylus avellana</i>		Haselnuß	S	+		8.4...
<i>Humulus lupulus</i>		Gewöhnlicher Hopfen	S	+		8....
<i>Aegopodium podagraria</i>		Giersch	K	3		3.5.3.1.
<i>Pulmonaria obscura</i>		Dunkles Lungenkraut	K	2		8.4.3..
<i>Ranunculus lanuginosus</i>		Wolliger Hahnenfuß	K	2		8.4.3..
<i>Veronica chamaedrys</i>		Gamander-Ehrenpreis	K	1		....
<i>Lysimachia nummularia</i>		Pfennigkraut	K	+		....
<i>Fragaria vesca</i>		Wald-Erdbeere	K	r		6.2...
<i>Fraxinus excelsior</i>		Gewöhnliche Esche	V	1		8.4.3..
<i>Acer platanoides</i>		Spitz-Ahorn	V	1		8.4.3.4.
<i>Tilia cordata</i>		Winter-Linde	V	1		8.4.3.2.
<i>Carpinus betulus</i>		Hainbuche	V	+		8.4.3.2.
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)			Sichtungen			
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	5,4	5,4	5,1	5,6	7,2	5,9
Median	5	5	5	5	7	6
Anzahl Arten	27	23	10	21	16	19

Tabelle C-93: Kartierbogen Fort V Kaunas Probefläche VJ 2016-002d

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort V Kaunas		Probefl. (m²):	400m²	Aufnahme-Nr.:	VJ 2016-002d
Aufnahmestort:	vor Eskarpemauer li. Kehlgraben		Hochwert	54.862519N	Rechtswert	24.001133E
Nutzungsart:	keine		Datum:	14.08.2016	Höhe über NN:	60m
Bestand:	Vorwald				Exposition:	
Aspekt:	Hochsommer		Bearbeiter	Junghans	Neigung:	
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)	>5m	<5m			<2m	ohne Duplikate
Artenzahl	0	8	0	0	4	10
Deckungsgrad		100% Strauchschicht				
Besonderheiten:		unsichere Abgrenzung zu ex 2d von 2006				
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname		Name	Schicht	Dominanz	Sozialität	nach Oberdorfer
Aesculus hippocastanum		Gewöhnliche Roßkastanie	S	r		....
Fraxinus excelsior		Gewöhnliche Esche	S	1		8.4.3..
Alnus incana		Grau-Erle	S	1		8.4.3.3.
Cornus sanguinea		Blutroter Hartriegel	S	1		8.4.4..
Euonymus europaea		Gewöhnliches Pfaffenhütchen	S	1		8.4.4..
Salix fragilis		Bruch-Weide	S	+		8.1.1.2.
Acer platanoides		Spitz-Ahorn	S	2		8.4.3.4.
Ulmus minor		Feld-Ulme	S	1		8.4.3.3.
Acer platanoides		Spitz-Ahorn	V	1		8.4.3.4.
Acer pseudoplatanus		Berg-Ahorn	V	1		8.4.3.4.
Euonymus europaea		Gewöhnliches Pfaffenhütchen	V	1		8.4.4..
Tilia cordata		Winter-Linde	V	1		8.4.3.2.
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)			Sichtungen			
08290	Naturnahe Laubwälder und Laub-Nadel-Mischwälder (WS)					
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	5,1	5,3	5,3	5,9	7,4	5,8
Median	5	5	5	5	8	5,5
Anzahl Arten	11	10	6	7	7	6

Tabelle C-94: Kartierbogen Fort V Kaunas Probefläche GI 2006-002d

[illegible]

Tabelle C-95: Kartierbogen Fort V Kaunas Probefläche VJ 2016-003b

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort V Kaunas		Probefl. (m²):	200m²	Aufnahme-Nr.:	VJ 2016-003b
Aufnahmort:	h. Eskarpemauer li. Kehlgraben		Hochwert	54.862705N	Rechtswert	24.001264E
Nutzungsart:	keine		Datum:	14.08.2016	Höhe über NN:	64m
Bestand:	rdnung Glechometalia (nitrophytische Staudenfluren) und Verband Allarion (nitro)				Exposition:	
Aspekt:	Hochsommer		Bearbeiter	Junghans	Neigung:	
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)	>5m	<5m			<2m	ohne Duplikate
Artenzahl	3	6	9	0	1	19
Deckungsgrad		30% Baumschicht, 70% Krautschicht				
Besonderheiten:						
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
			nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten	
Artname	Name		Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer
Malus sylvestris	Holz-Apfel		S	1		8.4...
Populus tremula	Zitter-Pappel		B	+		....
Sambucus nigra	Schwarzer Holunder		S	3		....
Fraxinus excelsior	Gewöhnliche Esche		B	2		8.4.3..
Euonymus europaea	Gewöhnliches Pfaffenhütchen		S	2		8.4.4..
Alnus incana	Grau-Erle		B	1		8.4.3.3.
Cornus sanguinea	Blutroter Hartriegel		S	1		8.4.4..
Acer platanoides	Spitz-Ahorn		V	2		8.4.3.4.
Sorbus aucuparia	Vogelbeere		S	1		....
Rubus idaeus	Himbeere		S	2		....
Impatiens noli-tangere	Großes Springkraut		K	2		8.4.3.3.
Impatiens glandulifera	Drüsiges Springkraut		K	+		3.5.2..
Geranium robertianum	Stinkender Storchschnabel		K	1		3.5.3.2.
Arctium lappa	Große Klette		K	+		3.5.1.1.
Vicia cracca	Gewöhnliche Vogel-Wicke		K	1		5.4...
Urtica dioica	Große Brennnessel		K	3		3.5...
Arrhenatherum elatius	Glatthafer		K	1		5.4.2.1.
Artemisia vulgaris	Gewöhnlicher Beifuß		K	1		3.5...
Chelidonium majus	Schöllkraut		K	1		3.5.3..
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)			Sichtungen	Nymphalis polychl	großer Fuchs	
05140	Staudenfluren und –säume (GS)			Nymphalis antiopa	Trauermantel	
05142	Staudenfluren und –säume frischer und nährstoffreicher Standorte (GSM)					
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	6,2	5,4	5,2	5,8	6,9	7,2
Median	6	5	5,5	5	7	7
Anzahl Arten	18	15	6	13	11	13

Tabelle C-96: Kartierbogen Fort V Kaunas Probefläche VJ 2016-003b

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort V Kaunas		Probefl. (m²):	200m²	Aufnahme-Nr.:	VJ 2016-003b
Aufnahmestort:	h. Eskarpemauer li. Kehlgraben		Hochwert	54.862705N	Rechtswert	24.001264E
Nutzungsart:	keine		Datum:	14.08.2016	Höhe über NN:	64m
Bestand:	rdnung Glechometalia (nitrophytische Staudenfluren) und Verband Allarion (nitro)				Exposition:	
Aspekt:	Hochsommer		Bearbeiter	Junghans	Neigung:	
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)	>5m	<5m			<2m	ohne Duplikate
Artenzahl	3	6	9	0	1	19
Deckungsgrad		30% Baumschicht, 70% Krautschicht				
Besonderheiten:						
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname		Name	Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer
Malus sylvestris		Holz-Apfel	S	1		8.4...
Populus tremula		Zitter-Pappel	B	+		....
Sambucus nigra		Schwarzer Holunder	S	3		....
Fraxinus excelsior		Gewöhnliche Esche	B	2		8.4.3..
Euonymus europaea		Gewöhnliches Pfaffenhütchen	S	2		8.4.4..
Alnus incana		Grau-Erle	B	1		8.4.3.3.
Cornus sanguinea		Blutroter Hartriegel	S	1		8.4.4..
Acer platanoides		Spitz-Ahorn	V	2		8.4.3.4.
Sorbus aucuparia		Vogelbeere	S	1		....
Rubus idaeus		Himbeere	S	2		....
Impatiens noli-tangere		Großes Springkraut	K	2		8.4.3.3.
Impatiens glandulifera		Drüsiges Springkraut	K	+		3.5.2..
Geranium robertianum		Stinkender Storchschnabel	K	1		3.5.3.2.
Arctium lappa		Große Klette	K	+		3.5.1.1.
Vicia cracca		Gewöhnliche Vogel-Wicke	K	1		5.4...
Urtica dioica		Große Brennnessel	K	3		3.5...
Arrhenatherum elatius		Glatthafer	K	1		5.4.2.1.
Artemisia vulgaris		Gewöhnlicher Beifuß	K	1		3.5...
Chelidonium majus		Schöllkraut	K	1		3.5.3..
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)						
07120	Waldsäume (BW)		Sichtungen	Nymphalis polych	großer Fuchs	
05140	Staudenfluren und -säume (GS)			Nymphalis antiopa	Trauermantel	
05142	Staudenfluren und -säume frischer und nährstoffreicher Standorte (GSM)					
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	6,2	5,4	5,2	5,8	6,9	7,2
Median	6	5	5,5	5	7	7
Anzahl Arten	18	15	6	13	11	13

Tabelle C-97: Kartierbogen Fort V Kaunas Probefläche GI 2006-003b

[illegible]

Tabelle C-98: Kartierbogen Fort V Kaunas Probefläche VJ 2016-004b

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort V Kaunas		Probefl. (m²):	40m²	Aufnahme-Nr.:	VJ 2016-004b
Aufnahmestort:	Zentralkaponniere		Hochwert	54.861164N	Rechtswert	24.000626E
Nutzungsart:	mehrschürige Mahd, mind. einschürig		Datum:	13.08.2016	Höhe über NN:	69m
Bestand:	verbuschte Glatthaferwiese				Exposition:	NNW
Aspekt:	Hochsommer		Bearbeiter	Junghans	Neigung:	20°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)	>5m	<5m			<2m	ohne Duplikate
Artenzahl	0	0	11	0	0	11
Deckungsgrad		100%				
Besonderheiten:						
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname		Name	Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer
Arrhenatherum elatius		Glatthafer	K	4		5.4.2.1.
Rubus fruticosus agg.		Rubus fruticosus agg.	K	2		8.5.1.1.2
Equisetum arvense		Acker-Schachtelhalm	K	+		....
Vicia sepium		Zaun-Wicke	K	1		....
Aegopodium podagraria		Giersch	K	2		3.5.3.1.
Crataegus monogyna		Eingrifflicher Weißdorn	K	1		8.4.4..
Malus sylvestris		Holz-Apfel	K	1		8.4...
Galium mollugo		Kleinblütiges Wiesen-Labkraut	K	1		....
Calystegia sepium		Echte Zaunwinde	K	1		3.5.2..
Dactylis glomerata		Wiesen-Knäuelgras	K	2		....
Campanula patula		Wiesen-Glockenblume	K	1		5.4.2.1.
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)			Sichtungen	Argiope bruennichi	Zebraspinne	
05110 Frischwiese (GM)						
05143 Staudenfluren trockenwarmer Standorte (GST)				Begleitbiotop		
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	7,1	5,5	3,7	5,0	6,6	5,6
Median	7	5,5	4	5	7	5
Anzahl Arten	10	8	3	9	9	10

Tabelle C-99: Kartierbogen Fort V Kaunas Probefläche GI 2006-004b

[illegible]

Tabelle C-100: Kartierbogen Fort V Kaunas Probefläche VJ 2016-004c

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort V Kaunas		Probefl. (m²):	50m²	Aufnahme-Nr.:	VJ 2016-004c
Aufnahmestort:	Zentralkaponniere		Hochwert	54.861220N	Rechtswert	24.000905E
Nutzungsart:	mehrschürige Mahd, mind. einschürig		Datum:	13.08.2016	Höhe über NN:	69m
Bestand:	ruderaler Mähwiese				Exposition:	NNW
Aspekt:	Hochsommer		Bearbeiter	Junghans	Neigung:	20°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)	>5m	<5m			<2m	ohne Duplikate
Artenzahl	0	0	8	0	0	8
Deckungsgrad		100%				
Besonderheiten:						
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
			nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten	
Artname	Name		Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer
Alchemilla vulgaris	Spitzlappiger Frauenmantel		K	+		5.4.2..
Rubus vulgaris	Gewöhnliche Brombeere		K	1		8.5.1.1.2
Dactylis glomerata	Wiesen-Knäuelgras		K	2		....
Agrimonia eupatoria	Kleiner ODERMENNIG		K	1		6.1.1.1.
Arrhenatherum elatius	Glatthafer		K	4		5.4.2.1.
Solidago canadensis	Kanadische Goldrute		K	1		3.5...
Senecio vulgaris	Gewöhnliches Greiskraut		K	+		3.3...
Artemisia vulgaris	Gewöhnlicher Beifuß		K	+		3.5...
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)	Sichtungen		Argiope bruennichi	Zebraspinne		
05110 Frischwiese (GM)						
05143 Staudenfluren trockenwarmer Standorte (GST)	Begleitbiotop					
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	7,3	5,3	4,0	5,0	6,0	6,1
Median	7	5,5	4	5	6,5	6
Anzahl Arten	8	6	3	6	4	8

Tabelle C-101: Kartierbogen Fort V Kaunas Probefläche GI 2006-004c

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort V Kaunas		Probefl. (m²):	100m²	Aufnahme-Nr.:	GI 2006-004c
Aufnahmestort:	westl. Zentralkaponniere		Hochwert	54.861220N	Rechtswert	24.000905E
Nutzungsart:	einschürige(?) Mahd		Datum:	04.06.2006	Höhe über NN:	69m
Bestand:	ruderaler Frischwiese				Exposition:	NNW
Aspekt:	Vorsommer		Bearbeiter	Ißbrücker/ Lachma	Neigung:	20°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)	>5m	<5m			<2m	ohne Duplikate
Artenzahl	0	0	6	0	0	6
Deckungsgrad		100%				
Besonderheiten:						
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname	Name		Schicht	Dominanz	Sozialität	nach Oberdorfer
Arrhenatherum elatius	Glatthafer		K	4		5.4.2.1.
Equisetum arvense	Acker-Schachtelhalm		K	2		....
Primula veris	Wiesen-Schlüsselblume		K	2		....
Trifolium medium	Mittlerer Klee		K	1		6.1.1.1.
Alchemilla vulgaris	Spitzlippiger Frauenmantel		K	+		5.4.2..
Agrimonia eupatoria	Kleiner Odermennig		K	r		6.1.1.1.
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)			Sichtungen	Argiope bruennichi	Zehraspinne	
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	6,8	5,3	4,5	4,3	7,0	4,3
Median	7	5,5	4,5	4	7	3,5
Anzahl Arten	6	4	2	4	5	6

Tabelle C-102: Kartierbogen Fort V Kaunas Probefläche VJ 2016-004d

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort V Kaunas		Probefl. (m²):	400m²	Aufnahme-Nr.:	VJ 2016-004d
Aufnahmestort:	Innenbereich linker Flügel		Hochwert	54.862274N	Rechtswert	24.001896E
Nutzungsart:	keine		Datum:	14.08.2016	Höhe über NN:	64m
Bestand:	kleine Streuobstwiese angrenzend an Waldmantel				Exposition:	
Aspekt:	Hochsommer		Bearbeiter	Junghans	Neigung:	
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)	>5m	<5m			<2m	ohne Duplikate
Artenzahl	5	0	9	0	2	15
Deckungsgrad		30% Baumschicht, 70% Krautschicht				
Besonderheiten:						
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname		Name	Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer
Pyrus pyraeaster		Wildbirne	B	1		8.4...
Malus sylvestris		Holz-Apfel	B	3		8.4...
Salix fragilis		Bruch-Weide	B	2		8.1.1.2.
Alnus incana		Grau-Erle	B	2		8.4.3.3.
Crataegus monogyna		Eingrifflicher Weißdorn	B	2		8.4.4..
Chelidonium majus		Schöllkraut	K	1		3.5.3..
Aegopodium podagraria		Giersch	K	1		3.5.3.1.
Impatiens noli-tangere		Großes Springkraut	K	2		8.4.3.3.
Rubus vulgaris		Gewöhnliche Brombeere	K	+		8.5.1.1.2
Equisetum pratense		Wiesen-Schachtelhalm	K	1		8.4.3.3.
Bromus commutatus		Wiesen-Trespe	K	1		....
Poa trivialis		Gewöhnliches Rispengras	K	1		5.4...
Taraxacum sect. Ruderalia		Wiesen-Löwenzähne	K	2		....
Geranium robertianum		Stinkender Storchschnabel	K	1		3.5.3.2.
Alnus incana		Grau-Erle	V	2		8.4.3.3.
Fraxinus excelsior		Gewöhnliche Esche	V	1		8.4.3..
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)						
07120	Waldmäntel (BW)		Sichtungen	Bufo bufo	Erdkröte	
08290	Staudenfluren und -säume (GS)			Nymphaelis antiopa	Trauermantel	
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	5,8	5,2	5,6	5,8	6,9	5,8
Median	6	5	6	5,5	7	6
Anzahl Arten	16	13	5	14	12	13

Tabelle C-103: Kartierbogen Fort V Kaunas Probefläche GI 2006-004d

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort V Kaunas		Probefl. (m²):	250m²	Aufnahme-Nr.:	GI 2006-004d
Aufnahmestort:	Innenbereich linker Flügel		Hochwert	54.862274N	Rechtswert	24.001896E
Nutzungsart:	keine		Datum:	04.06.2006	Höhe über NN:	62m
Bestand:	Obstwiese				Exposition:	
Aspekt:	Vorsommer		Bearbeiter	Ißbrücker/ Lachma	Neigung:	
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)	12m	<5m			1m	ohne Duplikate
Artenzahl	4	0	8	0	0	12
Deckungsgrad		85%				
Besonderheiten:		Bestandsalter ca. 70 Jahre, Totholzanteil <1% (liegend)				
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname		Name	Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer
Pyrus pyraaster		Wildbirne	B	3		8.4...
Malus sylvestris		Holz-Apfel	B	2		8.4...
Salix fragilis		Bruch-Weide	B	2		8.1.1.2.
Alnus incana		Grau-Erle	B	2		8.4.3.3.
Taraxacum sect. Ruderalia		Wiesen-Löwenzähne	K	1		....
Dactylis glomerata		Wiesen-Knäuelgras	K	+		....
Achillea millefolium		Gewöhnliche Wiesen-Schafgarbe	K	+		5.4.2..
Festuca ovina		Echter Schaf-Schwengel	K	+		....
Urtica dioica		Große Brennnessel	K	2		3.5...
Anthriscus sylvestris		Wiesen-Kerbel	K	2		5.4.2..
Glechoma hederacea		Gundermann	K	1		3.5.3..
Arctium lappa		Große Klette	K	1		3.5.1.1.
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)			Sichtungen			
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	6,8	5,5	6,0	5,5	6,6	6,4
Median	7	6	6	5	7	6,5
Anzahl Arten	11	6	1	11	7	10

Tabelle C-104: Kartierbogen Fort V Kaunas Probefläche VJ 2016-010a

[illegible]

Tabelle C-105: Kartierbogen Fort V Kaunas Probefläche VJ 2016-010b

[illegible]

Tabelle C-106: Kartierbogen Fort V Kaunas Probefläche VJ 2016-010c

[illegible]

Tabelle C-107: Kartierbogen Fort V Kaunas Probestfläche VJ 2016-011

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort V Kaunas		Probefl. (m²):	500m²	Aufnahme-Nr.:	VJ 2016-011
Aufnahmestort:	Windbruch li. Spitzgraben/ Kehlgraben		Hochwert	54.863246N	Rechtswert	24.002412E
Nutzungsart:	keine		Datum:	14.08.2016	Höhe über NN:	68m
Bestand:	Waldlichtung / Waldsaum				Exposition:	
Aspekt:	Hochsommer		Bearbeiter	Junghans	Neigung:	
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)	>5m	<5m			<2m	ohne Duplikate
Artenzahl	0	0	8	0	1	9
Deckungsgrad		95%				
Besonderheiten:						
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname		Name	Schicht	Dominanz	Sozialität	nach Oberdorfer
Aegopodium podagraria		Giersch	K	2		3.5.3.1.
Oxalis acetosella		Wald-Sauerklee	K	2		....
Veronica chamaedrys		Gamander-Ehrenpreis	K	2		....
Geranium robertianum		Stinkender Storchschnabel	K	2		3.5.3.2.
Calamagrostis arundinacea		Wald-Reitgras	K	2		....
Geum rivale		Bach-Nelkenwurz	K	1		5.4.1..
Carex sylvatica		Wald-Segge	K	+		8.4.3..
Poa trivialis		Gewöhnliches Rispengras	K	+		5.4...
Acer platanoides		Spitz-Ahorn	V	1		8.4.3.4.
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)			Sichtungen			
07120	Waldmäntel (BW)					
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	4,6	5,3	5,5	5,9	5,3	6,0
Median	5	5	5,5	5	5	6
Anzahl Arten	9	4	2	7	4	7

Tabelle C-108: Kartierbogen Fort V Kaunas Probefläche VJ 2016-012

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort V Kaunas		Probefl. (m²):	400m²	Aufnahme-Nr.:	VJ 2016-012
Aufnahmestort:	nördlicher Teil Kehlkasern		Hochwert	54.861674N	Rechtswert	24.000337E
Nutzungsart:	keine		Datum:	14.08.2016	Höhe über NN:	64m
Bestand:	Hecke/ mesophiler Saum				Exposition:	SSO
Aspekt:	Hochsommer		Bearbeiter	Junghans	Neigung:	20°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)	>5m	<5m			<2m	ohne Duplikate
Artenzahl	2	9	9	0	0	20
Deckungsgrad	95%					
Besonderheiten:						
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname	Name	Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer	
<i>Alnus incana</i>	Grau-Erle	B	2		8.4.3.3.	
<i>Crataegus monogyna</i>	Eingrifflicher Weißdorn	S	2		8.4.4..	
<i>Rubus fruticosus</i> agg.	Gewöhnliche Brombeere	S	2		8.5.1.1.2	
<i>Malus domestica</i>	Garten-Apfel	S	3		....
<i>Fraxinus excelsior</i>	Gewöhnliche Esche	B	2		8.4.3..	
<i>Rosa canina</i>	Hunds-Rose	S	2		8.4.4..	
<i>Sorbus aucuparia</i>	Vogelbeere	S	1		....
<i>Cornus sanguinea</i>	Blutroter Hartriegel	S	1		8.4.4..	
<i>Sambucus racemosa</i>	Trauben-Holunder	S	1		6.2.1.3.	
<i>Acer platanoides</i>	Spitz-Ahorn	S	1		8.4.3.4.	
<i>Ulmus glabra</i>	Berg-Ulme	S	1		8.4.3.4.	
<i>Alopecurus pratensis</i>	Wiesen-Fuchsschwanzgras	K	4		5.4...	
<i>Galium verum</i>	Echtes Labkraut	K	1		5.3...	
<i>Agrimonia eupatoria</i>	Kleiner ODERMENNIG	K	1		6.1.1.1.	
<i>Equisetum arvense</i>	Acker-Schachtelhalm	K	1		....
<i>Medicago falcata</i>	Sichelklee	K	1		6.1.1.2.	
<i>Vicia cracca</i>	Gewöhnliche Vogel-Wicke	K	1		5.4...	
<i>Trifolium medium</i>	Mittlerer Klee	K	+		6.1.1.1.	
<i>Dactylis glomerata</i>	Wiesen-Knäuelgras	K	2		....
<i>Achillea millefolium</i>	Gewöhnliche Wiesen-Schafgarbe	K	1		5.4.2..	
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)	Sichtungen					
07103 Laubgebüsch trockener und trockenwarmer Standorte (BLT)						
05143 Staudenfluren trockenwarmer Standorte (GST) Begleitbiotop						
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	6,5	5,2	5,5	4,8	6,5	4,9
Median	7	5	5,5	5	7	4
Anzahl Arten	19	14	6	15	13	13

Tabelle C-109: Kartierbogen Fort VII Kaunas Probefläche VJ 2016-001

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort VII Kaunas		Probefl. (m²):	30m²	Aufnahme-Nr.:	VJ 2016-001
Aufnahmort:	Rampart		Hochwert	54.916172N	Rechtswert	23.926980E
Nutzungsart:	einschürige Mahd		Datum:	12.08.2016	Höhe über NN:	87m
Bestand:	gestörter bodensaurer Trockenrasen (<i>Koelerio-Phleion phleoidis</i>)				Exposition:	SSO
Aspekt:	Hochsommer		Bearbeiter	Junghans	Neigung:	ca. 30°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)						
Artenzahl	0	0	14		0	14
Deckungsgrad		90%				
Besonderheiten:		Gräserdominanz!!				
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname		Name	Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer
<i>Koeleria glauca</i>		Blaugrünes Schillergras	K	3		5.2.3.1.
<i>Silene latifolia ssp. alba</i>		Weiße Lichtnelke	K	1		3....
<i>Vicia cracca</i>		Gewöhnliche Vogel-Wicke	K	1		5.4...
<i>Silene vulgaris</i>		Taubenkropf-Leimkraut	K	1		....
<i>Arrhenatherum elatius</i>		Glatthafer	K	3		5.4.2.1.
<i>Galium lucidum</i>		Glänzendes Wiesen-Labkraut	K	1		6.1.1.2.
<i>Hypericum perforatum</i>		Echtes Johanniskraut	K	1		6.1...
<i>Convolvulus arvensis</i>		Acker-Winde	K	1		3.6.1.1.
<i>Dactylis glomerata</i>		Wiesen-Knäuelgras	K	3		....
<i>Asparagus officinalis</i>		Spargel	K	1		....
<i>Achillea millefolium</i>		Gewöhnliche Wiesen-Schafgarbe	K	+		5.4.2..
<i>Equisetum pratense</i>		Wiesen-Schachtelhalm	K	+		8.4.3.3.
<i>Knautia arvensis</i>		Wiesen-Witwenblume	K	1		5.4.2..
<i>Centaurea jacea</i>		Wiesen-Flockenblume	K	1		5....
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)			Sichtungen			
05120	Trockenrasen (GT) als alternativer allgemeiner Hauptbiotop					
0511311	ruderaler Wiese (GMR), artreiche Ausprägung, weitgehende ohne spontanen Gehölzbewuchs					
05121231	Blauschillergras-Rasen (GTSK), weitgehend ohne spontanen Gehölzbewuchs (Begleitbiotop)					
0512231	bodensaure Halbtrockenrasen (GTKP), weitgehend ohne spontanen Gehölzbewuchs (Begleitbiotop)					
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	7,1	5,7	6,0	4,3	7,2	4,2
Median	7	6	6,5	4	7	4
Anzahl Arten	12	9	6	10	6	9

Tabelle C-110: Kartierbogen Fort VII Kaunas Probestfläche VJ 2016-002

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort VII Kaunas		Probefl. (m²):	30m²	Aufnahme-Nr.:	VJ 2016-002
Aufnahmestort:	Abeckung Kasematten		Hochwert	54.915802N	Rechtswert	23.928763E
Nutzungsart:	einschürige Mahd		Datum:	12.08.2016	Höhe über NN:	87m
Bestand:	Wirtschaftsgrünland				Exposition:	NO
Aspekt:	Hochsommer		Bearbeiter	Junghans	Neigung:	ca. 30°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)						
Artenzahl	0	0	11		0	11
Deckungsgrad		95%				
Besonderheiten:		Indize für Glatthaferwiese (Verband Arrhenatherion elatoris)				
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname		Name	Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer
Arrhenatherum elatius		Glatthafer	K	3		5.4.2.1.
Hypericum perforatum		Echtes Johanniskraut	K	1		6.1...
Trifolium pratense		Wiesen-Klee	K	2		5.4...
Lotus corniculatus		Gewöhnlicher Hornklee	K	1		5....
Galium album ssp. album		Großblütiges Wiesen-Labkraut	K	1		5.4.2.1.
Rubus spec.		Brombeere	K	+		....
Solidago canadensis		Kanadische Goldrute	K	+		3.5...
Dactylis glomerata		Wiesen-Knäuelgras	K	2		....
Calamagrostis epigaejos		Land-Reitgras	K	3		....
Potentilla incana		Sand-Fingerkraut	K	1		5.3.1..
Campanula scheuchzeri		Scheuchzers Glockenblume	K	+		....
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)						
05120	Trockenrasen (GT)					
0511311	ruderaler Wiese (GMR), artreiche Aus		Sichtungen			
05121231	Blauschillergras-Rasen (GTSK), weitgehend ohne spontanen Gehölzbewuchs (Begleitbiotop)					
0512231	boden-saurer Halbtrockenrasen (GTKP), weitgehend ohne spontanen Gehölzbewuchs (Begleitbiotop)					
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	7,5	5,2	5,5	4,1	7,0	4,6
Median	7	5,5	5,5	5	7	5
Anzahl Arten	10	6	4	7	5	9

Tabelle C-111: Kartierbogen Fort VII Kaunas Probefläche VJ 2016-003

Artenliste zur Vegetationsaufnahme						
Gebiet:	Fort VII Kaunas		Probefl. (m²):	40m²	Aufnahme-Nr.:	VJ 2016-003
Aufnahmestort:	Rampart		Hochwert	54.916471N	Rechtswert	23.928380E
Nutzungsart:	einschürige Mahd		Datum:	12.08.2016	Höhe über NN:	88m
Bestand:	Wirtschaftsgrünland wechselfeuchter mesophiler Standorte (soz. Schwierig)				Exposition:	SW
Aspekt:	Hochsommer		Bearbeiter	Junghans	Neigung:	ca. 20°
Schicht	B	S	K	M	V	Gesamt
Höhe (cm)						
Artenzahl	0	0	11		0	11
Deckungsgrad		95%				
Besonderheiten:		starke Tendenz zum Verband Glatthaferweise (<i>Arrhenatherion elatioris</i>)				
B = Baumschicht	S = Strauchschicht	K = Krautschicht	V = Verjüngung			Schlüssel
				nach Braun-Blanquet		Soz. Verhalten
Artname	Name		Schicht	Dominanz	Soziabilität	nach Oberdorfer
<i>Arrhenatherum elatius</i>	Glatthafer		K	4		5.4.2.1.
<i>Vicia cracca</i>	Gewöhnliche Vogel-Wicke		K	1		5.4...
<i>Achillea millefolium</i>	Gewöhnliche Wiesen-Schafgarbe		K	1		5.4.2..
<i>Calystegia sepium</i>	Echte Zaunwinde		K	+		3.5.2..
<i>Leontodon saxatilis</i>	Nickender Löwenzahn		K	+		5....
<i>Silene vulgaris</i>	Taubenkropf-Leimkraut		K	+		....
<i>Galium album ssp. album</i>	Großblütiges Wiesen-Labkraut		K	1		5.4.2.1.
<i>Medicago falcata</i>	Sichelklee		K	1		6.1.1.2.
<i>Dactylis glomerata</i>	Wiesen-Knäuelgras		K	3		....
<i>Trifolium pratense</i>	Wiesen-Klee		K	1		5.4...
<i>Daucus carota</i>	Wilde Möhre		K	+		3.5.4.2.
LRT Typ (Schlüssel nach Biotopkartierung Brandenburg)						
05120	Trockenrasen (GT)					
0511311	ruderaler Wiese (GMR), artreiche Aus		Sichtungen			
05121231	Blauschillergras-Rasen (GTSAK), weitgehend ohne spontanen Gehölzbewuchs (Begleitbiotop)					
0512231	bodensaure Halbtrockenrasen (GTKP), weitgehend ohne spontanen Gehölzbewuchs (Begleitbiotop)					
Mittleres Zeigerwertprofil der Aufnahme (Nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017)						
	L	T	K	F	R	N
Mittelwert	7,6	5,7	4,7	4,9	7,2	5,5
Median	8	6	4	5	7	5
Anzahl Arten	10	6	3	9	5	8

Tabelle C-112: Gesamtartenliste und ökologisches Artverhalten Forts Kaunas 2006/2016

Gesamtartenliste und Übersicht ökologisches Artverhalten															
Gebiet:	Forts Kaunas										Artenanzahl	170			
Artname	Zeigerwerte						soziologische Zuordnung nach Oberdorfer 2001					Waldart			
	L	T	K	F	R	N	Gruppe	Klasse	Ordnung	Verband	Unterverband	NT	D		
Acer negundo	5	6	6	6	7	!	7	Laubwälder und v	Querc-Fagetea (E	Fagetalia (sylvatic: Alno-Ulmion (mino		B2.2	B2.1		
Acer platanoides	4	6	5	x	x	x		Laubwälder und v	Querc-Fagetea (E	Fagetalia (sylvatic: Tilio (platyphylis)		B2.1	B2.1		
Acer pseudoplatanus	4	x	5	6	x	7		Laubwälder und v	Querc-Fagetea (E	Fagetalia (sylvatic: Tilio (platyphylis)		B2.1	B2.1		
Achillea millefolium	8	x	x	4	x	5		Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe	Arrhenatheretalia (C		K2.2	K2.2		
Aegopodium podagraria	5	5	x	6	7	8		Krautige Vegetation	Artemisietea (Stick: Glechometalia (nitri	Aegopodion podag		K2.1	K2.1		
Aesculus hippocastanum			6					indifferent				B2.2	B2.2		
Agrimonia eupatoria	7	6	x	4	8	4		Waldnahe Stauden	Trifolio-Geranietea	Origanetalia vulgar	Trifolion medii (Me	K2.2	K2.2		
Agrimonia procera	5	6	4	5	6	4	!	Waldnahe Stauden	Trifolio-Geranietea	Origanetalia vulgar	Trifolion medii (Me	K2.2	K2.2		
Agrostis stolonifera	8	x	5	7	~	x	5	Krautige Vegetation	Agrostietea stolonif	Agrostietalia stoloni		K2.2	K2.2		
Alchemilla vulgaris	6	4	5	5	6	!	6	!	Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe	Arrhenatheretalia (C	#NV	#NV		
Alliaria petiolata	5	6	x	5	7	9		Krautige Vegetation	Artemisietea (Stick: Glechometalia (nitri			K2.1	K2.1		
Alnus incana	6	4	6	7	=	8	x	Laubwälder und v	Querc-Fagetea (E	Fagetalia (sylvatic: Alno-Ulmion (mino		B2.1	B2.1		
Alopecurus pratensis	6	x	x	6	6	7		Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe			K2.2	K2.2		
Amelanchier ovalis	7	x	4	3	x	3		Laubwälder und v	Querc-Fagetea (E	Prunetalia spinosae	Berberidion (Berbe	O	S2.1		
Anemone nemorosa	x	x	x	5	!	x	x	Laubwälder und v	Querc-Fagetea (E			K1.1	K1.1		
Anthriscus sylvestris	7	x	x	5	x	8		Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe	Arrhenatheretalia (C		#NV	#NV		
Arctium lappa	9	6	x	5	7	9		Krautige Vegetation	Artemisietea (Stick: Artemisietalia	Arction lappae (Kle		O	K2.2		
Arrhenatherum elatius	8	5	4	x	7	7		Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe	Arrhenatheretalia (C	Arrhenatherion elat	K2.2	K2.2		
Artemisia campestris	9	6	5	2	5	2		Anthropo-Zoogene	Sedo-Scleranthetea			K2.2	K2.2		
Artemisia vulgaris	7	6	x	6	x	8		Krautige Vegetation	Artemisietea (Stick:			#NV	#NV		
Aruncus dioicus	4	5	5	6	x	8		Laubwälder und v	Querc-Fagetea (E	Fagetalia (sylvatic:		K1.1	K1.1		
Asarum europaeum	3	6	5	5	7	6		Laubwälder und v	Querc-Fagetea (E	Fagetalia (sylvatic:		K1.1	K1.1		
Asparagus officinalis								indifferent				K2.2	K2.2		
Avena fatua	6	6	8	5	7	x		Krautige Vegetation	Secalietea (Getreid			#NV	#NV		
Berberis vulgaris	7	x	5	4	8	3		Laubwälder und v	Querc-Fagetea (E	Prunetalia spinosae	Pruno-Rubion (fruti	S2.1	S2.1		
Betula pendula	7	x	x	x	x	x		indifferent				B2.1	B2.1		
Bromus commutatus	6	!	7	x	4	!	7	3	!	indifferent		#NV	#NV		
Bromus inermis	8	x	7	4	~	8	5	indifferent				#NV	#NV		
Calamagrostis arundinacea	6	5	6	5	4	5		indifferent				K1.1	K1.1		
Calamagrostis epigejos	7	5	7	x	~	x	6	indifferent				K2.1	K2.1		
Calystegia sepium	8	6	x	6	7	9		Krautige Vegetation	Artemisietea (Stick: Calystegietalia (Nit			K2.2	K2.2		
Campanula baumgartenii	7	7	!	4	5	6	!	3	!	Waldnahe Stauden	Trifolio-Geranietea	Origanetalia vulgar	Trifolion medii (Me	O	K1.2
Campanula patula	8	6	x	5	7	5		Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe	Arrhenatheretalia (C	Arrhenatherion elat	#NV	#NV		
Campanula rapunculoides	6	6	5	4	7	4		Waldnahe Stauden	Trifolio-Geranietea	Origanetalia vulgar	Geranion sanguine	K2.2	K2.1		
Campanula scheuchzeri	8	2	5	5	x	3		indifferent				O	K2.2		
Campanula trachelium	4	x	x	6	8	8		Laubwälder und v	Querc-Fagetea (E	Fagetalia (sylvatic:		K1.1	K1.1		
Cardamine amara ssp. amara	7	x	4	9	=	6	!	4	Süßwasser- und M	Montio-Cardaminet		#NV	#NV		
Cardamine pratensis	4	x	x	6	x	x		indifferent				K2.1	K2.1		
Carex acuta	7	5	x	9	=	6	4	Süßwasser- und M	Littorelletea (Strand	Littorelletalia (Euro	Eleocharition acicu	#NV	K2.2	K2.2	
Carex digitata	3	x	5	5	x	4		Laubwälder und v	Querc-Fagetea (E			K1.1	K1.1		
Carex sylvatica	2	5	x	5	6	5		Laubwälder und v	Querc-Fagetea (E	Fagetalia (sylvatic:		K1.1	K1.1		
Carpinus betulus	4	6	5	x	x	x		Laubwälder und v	Querc-Fagetea (E	Fagetalia (sylvatic: Carpinion betuli (Ei		B1.1	B1.1		
Centaurea jacea	7	x	6	x	x	x		Anthropo-Zoogene				K2.2	K2.2		
Chaerophyllum aromaticum	7	5	!	6	7	6	!	8	Krautige Vegetation	Artemisietea (Stick: Glechometalia (nitri	Aegopodion podag	O	K2.1		
Chelidonium majus	6	6	x	5	x	8		Krautige Vegetation	Artemisietea (Stick: Glechometalia (nitri			K2.1	K2.1		
Chrysosplenium alternifolium	4	4	6	8	=	7	5	Laubwälder und v	Querc-Fagetea (E	Fagetalia (sylvatic: Alno-Ulmion (mino		K1.1	K1.1		
Cichorium intybus	9	6	x	4	8	5		Krautige Vegetation				#NV	#NV		
Cirsium arvense	8	5	x	x	x	7		Krautige Vegetation				K2.2	K2.2		
Cirsium oleraceum	6	x	5	7	7	5		Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe	Molinietaalia caerule	Calthion (Sumpfdot	K2.1	K2.1		
Cirsium vulgare	8	5	x	5	7	8		Krautige Vegetation	Artemisietea (Stick:			K2.2	K2.2		
Convolvulus arvensis	7	6	x	4	7	x		Krautige Vegetation	Agropyreteale	(Quec	Agropyretalia interr	Conv olv ulo-Agrop	#NV	#NV	
Cornus sanguinea	7	5	x	5	!	7	x	Laubwälder und v	Querc-Fagetea (E	Prunetalia spinosae		S2.1	S2.1		
Corylus avellana	6	5	x	x	x	5	!	Laubwälder und v	Querc-Fagetea (E			S2.1	S2.1		
Crataegus monogyna	7	5	x	4	8	4		Laubwälder und v	Querc-Fagetea (E	Prunetalia spinosae		S2.1	S2.1		
Crepis biennis	7	5	4	6	!	6	5	Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe	Arrhenatheretalia (C	Arrhenatherion elat	#NV	#NV		
Dactylis glomerata	7	x	x	5	x	6		indifferent				K2.2	K2.2		
Daucus carota	8	6	x	4	x	4		Krautige Vegetation	Artemisietea (Stick: Onopordietalia (Bie	Dauco-Melilotion (N		K2.2	K2.2		
Deschampsia cespitosa	6	x	x	7	~	x	3	indifferent				K2.1	K2.1		
Dryopteris filix-mas	3	x	x	5	5	6		Laubwälder und v	Querc-Fagetea (E	Fagetalia (sylvatic:		K1.1	K1.1		
Elymus repens	7	6	x	x	~	x	7	Krautige Vegetation	Agropyreteale	(Quec	Agropyretalia interr	#NV	#NV		
Epilobium hirsutum	7	5	x	8	=	8	8	Krautige Vegetation	Artemisietea (Stick: Calystegietalia (Nit	Calystegion sepiur	O	K2.2	K2.2		
Equisetum arvense	6	x	x	x	~	x	3	indifferent				K2.1	K2.1		
Equisetum fluviatile	8	4	x	#	x	5		Süßwasser- und M	Littorelletea (Strand	Littorelletalia (Euro		K2.1	K2.1		
Equisetum pratense	5	4	7	6	7	2		Laubwälder und v	Querc-Fagetea (E	Fagetalia (sylvatic: Alno-Ulmion (mino		K1.1	K1.1		
Equisetum sylvaticum	3	4	6	7	5	4		Laubwälder und v	Querc-Fagetea (E	Fagetalia (sylvatic: Alno-Ulmion (mino		K1.1	K1.1		

Fortsetzung Gesamtartenliste und Übersicht ökologisches Artverhalten													
Gebiet:		Forts Kaunas											
Artname	Zeigerwerte						soziologische Zuordnung nach Oberdorfer 2001					Waldart	
	L	T	K	F	R	N	Gruppe	Klasse	Ordnung	Verband	Unterverband	NT	D
<i>Equisetum telmateia</i>	5	6	3	8	8	5	Laubwälder und ve	Querc-Fagetea (E Fagetalia (sylvatic	Alno-Ulmion (mino			K1.1	K1.1
<i>Euonymus europaea</i>	6	5		x 5	8	5	Laubwälder und ve	Querc-Fagetea (E Prunetalia spinosa				S2.1	S2.1
<i>Festuca gigantea</i>	4	5		x 7	6	6	Laubwälder und ve	Querc-Fagetea (E Fagetalia (sylvatic	Alno-Ulmion (mino			K1.1	K1.1
<i>Festuca ovina</i>	7	!	x	x x	3	1	indifferent					K2.1	K2.1
<i>Fragaria vesca</i>	7		x	x 5		x 6	Waldnahe Stauder	Epilobietea (angus				K2.1	K1.2
<i>Fraxinus excelsior</i>	4	5		x x	7	7	Laubwälder und ve	Querc-Fagetea (E Fagetalia (sylvatic				B2.1	B2.1
<i>Galium album</i>	7		x	x 5	7	5	indifferent					#NV	#NV
<i>Galium album ssp. album</i>	7		x	x 5	7	5	Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe	Arrhenatheretalia (	Arrhenatherion elai		#NV	#NV
<i>Galium aparine</i>	7	6		x x	6	8	Krautige Vegetatio	Artemisietea (Sticl				K2.1	K2.1
<i>Galium boreale</i>	6	6	6	6	~ 8	2	Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe	Molinietalia caerule	Molinion caeruleae		K2.1	K2.1
<i>Galium lucidum</i>	7	6	5	3	8	2	Waldnahe Stauder	Trifolio-Geranietea	Origanetalia vulgar	Geranion sanguine		#NV	#NV
<i>Galium mollugo</i>	7	6	4	4	7	?	indifferent					#NV	#NV
<i>Galium verum</i>	7	6		x 4	~ 7	3	Anthropo-Zoogene	Festuco-Brometea				K2.2	K2.2
<i>Gentiana cruciata</i>	7	6	6	3	8	3	Anthropo-Zoogene	Festuco-Brometea				O	K2.2
<i>Geranium robertianum</i>	5		x	x x		x 7	Krautige Vegetatio	Artemisietea (Sticl	Glechometalia (niti	Alliarion (Nitrophile		K2.1	K2.1
<i>Geranium sylvaticum</i>	6	4	6	6	6	7	Waldnahe Stauder	Betulo-Adenostylet				O	K2.1
<i>Geum rivale</i>	6		x	x 8	~	x 4	Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe	Molinietalia caerule			K2.1	K2.1
<i>Glechoma hederacea</i>	6	6		x 6		x 7	Krautige Vegetatio	Artemisietea (Sticl	Glechometalia (niti			K2.1	K2.1
<i>Heracleum sphondylium</i>	7	5		x 5		x 8	Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe	Arrhenatheretalia (			K2.2	K2.2
<i>Hieracium pilosella</i>	7		x	x 4		x 2	Anthropo-Zoogene					K2.2	K2.2
<i>Holcus mollis</i>	5	5	3	5	2	3	Laubwälder und ve	Querc-Fagetea (E Quercetalia robori-	Quercion robori-pe	Quercenion robori-		K2.1	K2.1
<i>Humulus lupulus</i>	7	6		x 8	= 6	8	Laubwälder und ve					K1.2	K1.2
<i>Hypericum perforatum</i>	7	6		x 4	6	4	Waldnahe Stauder	Trifolio-Geranietea				K2.2	K2.1
<i>Impatiens glandulifera</i>	5	7	3	8	= 7	7	Krautige Vegetatio	Artemisietea (Sticl	Calystegietalia (Ni			K2.2	K2.2
<i>Impatiens noli-tangere</i>	4	5	6	7	7	6	Laubwälder und ve	Querc-Fagetea (E Fagetalia (sylvatic	Alno-Ulmion (mino			K1.1	K1.1
<i>Impatiens parviflora</i>	4	6	6	5		x 6	Laubwälder und ve	Querc-Fagetea (E Fagetalia (sylvatic				K1.1	K1.1
<i>Knautia arvensis</i>	7	6		x 4		x 4	Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe	Arrhenatheretalia (			K2.2	K2.2
<i>Koeleria glauca</i>	7	7	7	3	8	1	Anthropo-Zoogene	Sedo-Scleranthete	Festuco-Sedetalia	Koelerion glaucae		K2.2	K2.2
<i>Lamium album</i>	7		x	x 5		x 9	Krautige Vegetatio	Artemisietea (Sticl	Artemisietalia	Arction lappae (Kle		#NV	#NV
<i>Lamium galeobdolon</i>	3	5	5	5	7	5	Laubwälder und ve	Querc-Fagetea (E Fagetalia (sylvatic				K1.1	K1.1
<i>Lathyrus pratensis</i>	7	5		x 6	7	6	Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe				K2.2	K2.2
<i>Leontodon saxatilis</i>	8	6	3	6	~ 6	!	Anthropo-Zoogene					#NV	#NV
<i>Ligustrum vulgare</i>	7	6	4	4	8	3	Laubwälder und ve	Querc-Fagetea (E Prunetalia spinosa				S2.1	S2.1
<i>Lolium perenne</i>	8	6		x 5	7	!	Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe	Arrhenatheretalia (	Cynosurion (Fett-		#NV	#NV
<i>Lonicera xylosteum</i>	5	6	5	5	7	6	Laubwälder und ve	Querc-Fagetea (E				S1.1	S1.1
<i>Lotus corniculatus</i>	7		x	x 4	7	3	Anthropo-Zoogene					K2.2	K2.2
<i>Lysimachia nummularia</i>	4	6		x 6	~	x x	indifferent					K2.1	K2.1
<i>Lythrum salicaria</i>	7	5		x 8	~ 6	!	Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe	Molinietalia caerule	Filipendulion (Nass		K2.1	K2.1
<i>Malus domestica</i>			7				indifferent					#NV	#NV
<i>Malus sylvestris</i>	7	6		x 5	7	5	Laubwälder und ve	Querc-Fagetea (E				B1.1	B1.1
<i>Medicago falcata</i>	8	6		x 3	9	3	Waldnahe Stauder	Trifolio-Geranietea	Origanetalia vulgar	Geranion sanguine		K2.2	K2.2
<i>Myosotis sylvatica</i>	6		x	5 5		x 7	Waldnahe Stauder	Epilobietea (angus	Atropetalia (= Epilc			K1.2	K1.2
<i>Ononis arvensis</i>	8	6	!	7 4	~ 7	2	Anthropo-Zoogene	Festuco-Brometea	Festucetalia vales	Cirsio-Brachypodic		#NV	#NV
<i>Oxalis acetosella</i>	1		x	x 5	4	6	indifferent					K1.1	K1.1
<i>Paris quadrifolia</i>	3		x	x 6	7	7	Laubwälder und ve	Querc-Fagetea (E Fagetalia (sylvatic				K1.1	K1.1
<i>Phleum pratense</i>	7		x	x 5		x 7	Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe	Arrhenatheretalia (	Cynosurion (Fett-		#NV	#NV
<i>Plantago lanceolata</i>	6		x	x x	x	x	Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe				K2.2	K2.2
<i>Poa annua</i>	7		x	x 6		x 8	indifferent					#NV	#NV
<i>Poa nemoralis</i>	5		x	x 5	5	4	Laubwälder und ve	Querc-Fagetea (E				K1.1	K1.1
<i>Poa pratensis</i>	6		x	x 5		x 6	Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe				K2.2	K2.2
<i>Poa trivialis</i>	6		x	x 7		x 7	Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe				K2.1	K2.1
<i>Populus spec.</i>							indifferent					#NV	#NV
<i>Populus tremula</i>	6	5		x 5		x x	indifferent					B2.1	B2.1
<i>Potentilla anserina</i>	7	6		x 6	~	x 7	Krautige Vegetatio	Agrostietea stolon	Agrostietalia stolon	Agropyro-Rumicior		#NV	#NV
<i>Potentilla incana</i>	9	7	6	1	8	1	Anthropo-Zoogene	Festuco-Brometea	Festucetalia vales			K2.2	K2.2
<i>Primula veris</i>	7		x	x 4	8	3	indifferent					K2.1	K2.1
<i>Prunus padus</i>	5	5	6	8	= 7	6	Laubwälder und ve	Querc-Fagetea (E Fagetalia (sylvatic	Alno-Ulmion (mino			B2.1	B2.1
<i>Pulmonaria obscura</i>	4	5	5	6	8	7	Laubwälder und ve	Querc-Fagetea (E Fagetalia (sylvatic				K1.1	K1.1
<i>Pyrus pyrastrer</i>	6	6		x 5	8	x	Laubwälder und ve	Querc-Fagetea (E				B2.1	B2.1
<i>Quercus robur</i>	7	6		x x		x x	Laubwälder und ve	Querc-Fagetea (E				B2.1	B2.1
<i>Ranunculus arvensis</i>	6	6	4	4	8	x	Krautige Vegetatio	Secalietea (Getreic				#NV	#NV
<i>Ranunculus cassubicus</i>							indifferent					#NV	#NV
<i>Ranunculus ficaria</i>	4	5	3	6	7	7	Laubwälder und ve	Querc-Fagetea (E				#NV	#NV

Fortsetzung Gesamtartenliste und Übersicht ökologisches Artverhalten														
Gebiet:	Forts Kaunas													
	Zeigerwerte						soziologische Zuordnung nach Oberdorfer 2001					Waldart		
Artname	L	T	K	F	R	N	Gruppe	Klasse	Ordnung	Verband	Unterverband	NT	D	
<i>Ranunculus lanuginosus</i>	3	6	5	6	7	7	Laubwälder und ve	Querc-Fagetea (E Fagetalia (sylvatic				K1.1	K1.1	
<i>Rosa canina</i>	8	5		x 4		x x	Laubwälder und ve	Querc-Fagetea (E Prunetalia spinosa				S2.1	S2.1	
<i>Rubus fruticosus</i> agg.	8	5	3	5	3 !	4	Laubwälder und ve	#NV	#NV	#NV	#NV	S2.1	S1.2	
<i>Rubus idaeus</i>	7		x	x x		x 6	indifferent					S1.2	S1.2	
<i>Rubus spec.</i>							indifferent					#NV	#NV	
<i>Rubus vulgaris</i>	8	5	3	5	3 !	4	Laubwälder und ve	#NV	#NV	#NV	#NV	#NV	#NV	
<i>Salix caprea</i>	7		x	x 6	7	7	Waldnahe Stauder	Epilobietea (angus Atropetalia (= Epilc Sambuco-Salicion				B2.1	B2.1	
<i>Salix cinerea</i>	7		x	x 9	~	5 4	Laubwälder und ve	Alnetea glutinosae Alnetalia glutinosae Salicion cinereae (				S2.1	S2.1
<i>Salix fragilis</i>	5	5		x 8	=	6 6	Laubwälder und ve	Salicetea purpurea Salicetalia purpure Salicion albae (We				B2.1	B2.1	
<i>Salix viminalis</i>	7	6	6	8	=	7 x	Laubwälder und ve	Salicetea purpurea Salicetalia purpure Salicion albae (We				S2.2	S2.2	
<i>Salvia pratensis</i>	8	6	5	3	8	4	Anthropo-Zoogene	Festuco-Brometea				K2.2	K2.2	
<i>Sambucus nigra</i>	7	5		x 5		x 9	indifferent					S2.1	S2.1	
<i>Sambucus racemosa</i>	6	4	5	5	5	8	Waldnahe Stauder	Epilobietea (angus Atropetalia (= Epilc Sambuco-Salicion				S2.1	S1.2	
<i>Scabiosa canescens</i>	7	7	6	3	8	3	Waldnahe Stauder	Trifolio-Geranietea Origanetalia vulgar Geranion sanguine				K2.2	K2.2	
<i>Scopolia camiolica</i>							indifferent					#NV	#NV	
<i>Scrophularia nodosa</i>	4	5		x 6	6	7	Laubwälder und ve	Querc-Fagetea (E Fagetalia (sylvatic				K2.1	K2.1	
<i>Senecio vulgaris</i>	7		x	x 5		x 8	Krautige Vegetatio	Chenopodietea (H				K2.2	K2.2	
<i>Silene dioica</i>				4 6	7	8	indifferent					K2.1	K2.1	
<i>Silene latifolia</i> ssp. <i>alba</i>	8	6		x 4		x 7	Krautige Vegetatio					#NV	#NV	
<i>Silene vulgaris</i>		x	x x	x			indifferent					K2.1	K2.1	
<i>Solidago canadensis</i>	8	6		x x		x 6	Krautige Vegetatio	Artemisietea (Stich				K2.2	K2.2	
<i>Sonchus oleraceus</i>	7	6	4	4	8	8	Krautige Vegetatio	Chenopodietea (H				#NV	#NV	
<i>Sorbus aucuparia</i>	6		x	x x	4	x	indifferent					#NV	#NV	
<i>Stachys sylvatica</i>	4		x	x 7	7	7	Laubwälder und ve	Querc-Fagetea (E Fagetalia (sylvatic: Alno-Ulmion (mino				K1.1	K1.1	
<i>Stellaria holostea</i>	5	6		x 5	6	5	Laubwälder und ve	Querc-Fagetea (E Fagetalia (sylvatic: Carpinion betuli (E				K1.1	K1.1	
<i>Stellaria nemorum</i>	4		x	4 7	5	7	Laubwälder und ve	Querc-Fagetea (E Fagetalia (sylvatic: Alno-Ulmion (mino				#NV	#NV	
<i>Stellaria nemorum</i> ssp. <i>nemorum</i>	4		x	6 7	5	7	Laubwälder und ve	Querc-Fagetea (E Fagetalia (sylvatic: Alno-Ulmion (mino				#NV	#NV	
<i>Syringa vulgaris</i>							indifferent					S2.2	S2.2	
<i>Taraxacum</i> sect. <i>Ruderalia</i>	7		x	x 5		x 8	indifferent					K2.1	K2.1	
<i>Tilia cordata</i>	5	5	5	5		x 5	Laubwälder und ve	Querc-Fagetea (E Fagetalia (sylvatic: Carpinion betuli (E				B1.1	B1.1	
<i>Trifolium medium</i>	7	6		x 4	6	3	Waldnahe Stauder	Trifolio-Geranietea Origanetalia vulgar Trifolion medii (Me				K2.1	K2.1	
<i>Trifolium pratense</i>	7		x	x 5		x x	Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe				K2.2	K2.2	
<i>Tussilago farfara</i>	8		x	x 6	~	8 x	Krautige Vegetatio					K2.2	K2.1	
<i>Typha latifolia</i>	8	6		x #	7	8	Süßwasser- und M	Littorelletea (Stran Littorelletalia (Euro Isoetion lacustris (				#NV	#NV
<i>Ulmus glabra</i>	4	5		x 6	7	7	Laubwälder und ve	Querc-Fagetea (E Fagetalia (sylvatic: Tilio (platyphyllis) -				B1.1	B1.1	
<i>Ulmus minor</i>	5	7		x x	~	8 x	Laubwälder und ve	Querc-Fagetea (E Fagetalia (sylvatic: Alno-Ulmion (mino				B2.1	B2.1	
<i>Urtica dioica</i>		x	x x	x 6	7	9	Krautige Vegetatio	Artemisietea (Stich				K2.1	K2.1	
<i>Valeriana officinalis</i>	7	6	6	8	~	7 5	Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe Molinietalia caerule Filipendulion (Nass				#NV	#NV	
<i>Veronica chamaedrys</i>	6		x	x 5		x x	indifferent					K2.1	K2.1	
<i>Viburnum opulus</i>	6	5		x x	7	6	Laubwälder und ve	Querc-Fagetea (E Prunetalia spinosa				S2.1	S2.1	
<i>Vicia cracca</i>	7	5	7	6		x x	Anthropo-Zoogene	Molinio-Arrhenathe				O	K2.2	
<i>Vicia sepium</i>		x	x x	x 5		6 5	indifferent					K2.1	K2.1	
	L	T	K	F	R	N	Zeigerwerte nach Ellenberg et al. 2001, Kontinentalität verändert nach Berg et al. 2017							
Mittelwert	6,2	5,4	5,2	5,4	6,7	5,3								
Median	7,0	6,0	5,0	5,0	7,0	5,0				Waldarteneinordnung nach Schmidt et al. (2011)				
StAbw	1,5	0,9	1,1	1,5	1,2	2,0				Stand 18.9.2014		0= keine Waldart		
Anzahl differenter Arten	83	57	38	70	53	73						#NV= keine Listung		

Tabelle C-113: Zusammenstellung der Auswertung der beta-Diversitäten am Standort Kaunas Fort V (LT) mittels Juice der einzelnen Prüfflächen im historischen Kontext

Prüffläche	Zeitraum	Total inertia	Euclidean distance (average)	Whittaker (overall)	Jaccard dissimilarity	Sorensen dissimilarity	Harrison beta-2 dissimilarity	Williams beta-3 dissimilarity	Simpson dissimilarity
001a	2006 vs. 2016	0,369	45,177	0,435	0,606	0,435	0,222	0,182	0,316
001b	2006 vs. 2016	0,736	36,665	0,368	0,538	0,368	0,114	0,103	0,182
001d	2006 vs. 2016	0,218	16,050	0,275	0,432	0,275	0,222	0,182	0,242
001e	2006 vs. 2016	0,355	30,070	0,324	0,489	0,324	0,306	0,234	0,314
001f	2006 vs. 2016	0,342	22,644	0,397	0,568	0,397	0,222	0,182	0,296
001l	2006 vs. 2016	0,184	11,939	0,314	0,478	0,314	0,278	0,217	0,294
001o	2006 vs. 2016	0,317	26,181	0,115	0,207	0,115	0,036	0,034	0,042
002a	2006 vs. 2016	0,405	29,029	0,216	0,355	0,216	0,148	0,129	0,167
002d	2006 vs. 2016	0,866	27,851	0,714	0,833	0,714	0,500	0,333	0,667
002e	2006 vs. 2016	0,759	27,931	0,808	0,894	0,808	0,306	0,234	0,688
003b	2006 vs. 2016	0,601	45,562	0,692	0,818	0,692	0,650	0,394	0,684
004b	2006 vs. 2016	0,138	26,116	0,684	0,813	0,684	0,600	0,375	0,667
004c	2006 vs. 2016	0,158	8,879	0,571	0,727	0,571	0,375	0,273	0,500
004d	2006 vs. 2016	0,621	33,557	0,643	0,783	0,643	0,438	0,304	0,583

Tabelle C-114: Resultate der TWINSPAN Sortierungen in JUICE 2.0 der Relevées am Standort Kaunas Fort V (PL)

	Setting 1																																																			
Relevée/ Probefläche	2016- 010c	2016- 010b	2016- 010a	2006- 004c	2016- 004c	2006- 004b	2006- 004b	2006- 003b	2016- 012	2006- 004d	2016- 004d	2016- 003b	2016- 002e	2016- 011	2016- 001b	2006- 002d	2006- 001b	2016- 0011	2016- 001o	2006- 0011	2006- 001o	2006- 002e	2006- 001d	2006- 001e	2006- 001f	2016- 001d	2016- 001e	2016- 001f	2016- 002a	2016- 001a	2006- 002a	2006- 001a	2016- 002d																			
Level 1	Elymus-Holcus- Phleum Gr.			Arrhenaterium- Alchemilla Gruppe										Gelchoma- Anthriscus Gruppe										Aegopodium-Alnus Gruppe																												
Cornus-Acer-Alnus-Gruppe																																																				
																								Acer-Tilia-Gruppe																												
																																		Oxalis-Impatiens Gruppe																		
																																												Carpinus-Tilia Gruppe								
Alnus- Geranium Gr.										Aesc. Pop.- Gr.					Paris-Oxalis Gruppe																																					
	Setting 2																																																			
Relevée/ Probefläche	2016- 010a	2016- 010b	2016- 010c	2016- 004c	2006- 004c	2016- 004b	2006- 004b	2006- 003b	2016- 012	2006- 004d	2016- 003b	2016- 011	2016- 002e	2016- 004d	2006- 001b	2006- 002d	2016- 001b	2006- 001f	2016- 001e	2016- 001d	2016- 001o	2016- 001f	2016- 001e	2006- 001d	2016- 001o	2016- 0011	2006- 002e	2006- 001o	2006- 002a	2016- 002a	2006- 001a	2016- 001a	2016- 002d																			
Level 1	Elymus-Holcus- Phleum Gr.			Arrh. Agri. Gr.										Gal.-Mal. Gr. Glech.-Tara. Gr.										Aegodoium-Alnus Gruppe																												
Alnus- Cornus Gruppe																																																				
																								Acer-Tilia Gruppe																												
																																		Oxalis-Prunus Gruppe																		
																																												Carpinus-Tilia Gruppe								
Aln. Ger. Gr.										Ulmus-ParisGruppe					Paris-Impatiens Gruppe										Sal. Hum. Gr																											
Imp.-Brom. Gr.										Aesc. Pop. Gr.																																										
	Setting 3																																																			
Relevée/ Probefläche	2016- 010a	2016- 010b	2016- 010c	2016- 004c	2006- 004c	2006- 004b	2016- 004b	2006- 002d	2006- 001a	2016- 001a	2006- 002a	2016- 002a	2016- 0011	2016- 001e	2016- 001o	2016- 001f	2016- 001d	2006- 001d	2006- 001o	2006- 0011	2006- 001e	2006- 001f	2006- 002e	2006- 001b	2016- 001b	2006- 002d	2016- 002e	2016- 0011	2016- 003b	2016- 004d	2006- 004d	2016- 012	2006- 003b																			
Level 1	Elymus-Holcus- Phleum Gr.			Arrh.-Agri. Gr.										Carpinus-Tilia Gruppe										Aegopodium-Alnus Gruppe																												
Alnus-Cornus Gruppe																																																				
																								Acer-Tilia Gruppe																												
																																		Oxalis-Prunus Gruppe																		
																																												Glech. Arct. Gr.								
Ulmus-Paris Gruppe										Alnus-Ger. Gr.																																										
keine weitere Unterteilung																																																				
	Setting 4																																																			
Relevée/ Probefläche	2016- 010b	2016- 010a	2016- 010c	2016- 004b	2006- 004b	2006- 004c	2016- 004c	2006- 003b	2016- 004d	2016- 003b	2006- 004d	2016- 011	2016- 001e	2016- 001f	2016- 0011	2016- 002e	2016- 001o	2006- 001o	2006- 001d	2006- 0011	2006- 001e	2006- 001f	2006- 001b	2016- 002e	2016- 001d	2016- 001b	2006- 002d	2016- 002a	2006- 001a	2016- 001a	2016- 002d	2006- 002a	2016- 012																			
Level 1	Elymus-Holcus- Phleum Gr.			Arrh. -Agri. Gr.										Arctium- Taraxacum Gr.										Aegopodium-Alnus Gruppe																												
Alnus-Acer-Gruppe																																																				
																								Acer-Pyrus (Tilia) Gruppe																												
																																		Tilia-Prunus Gruppe																		
																																												Tilia-Carpinus Gruppe								
Oxalis-Prunus Gruppe										keine weitere Unterteilung																																										

Tabelle C-115: synoptische Tabelle der Gesellschaftstreue (fidelity) (Phi coefficient A) der TWINSpan Einstellung 4 und Hierarchieebene 5 für den Gesamtartenbestand der Kaunas Fort V (LT) (Farbcodierung analog zu setting 4 in Tabelle C-67)

Artname	Schicht	Anzahl der Relevées					
		3	4	4	14	7	1
Acer negundo	S	---	---	---	56.3	---	---
Acer negundo	B	---	---	---	24.5	---	---
Acer negundo	V	---	---	---	20.0	20.0	---
Acer platanoides	B	---	---	---	48.6	31.4	---
Acer platanoides	V	---	---	---	31.5	65.9	---
Acer platanoides	S	---	---	---	28.2	28.2	54.2
Acer pseudoplatanus	S	---	---	---	43.0	---	---
Acer pseudoplatanus	V	---	---	---	11.0	58.4	---
Achillea millefolium	K	33.3	---	---	---	---	65.3
Aegopodium podagraria	K	---	8.7	8.7	54.2	2.2	---
Aesculus hippocastanum	V	---	---	---	12.4	37.2	---
Aesculus hippocastanum	B	---	---	---	2.3	42.8	---
Aesculus hippocastanum	S	---	---	---	---	34.9	---
Agrimonia eupatoria	K	---	45.1	---	---	---	69.7
Agrimonia procera	K	---	---	---	24.5	---	---
Alchemilla vulgaris	K	---	67.4	---	---	---	---
Alliaria petiolata	K	---	---	46.6	---	---	---
Alnus incana	B	---	---	25.1	28.3	---	47.5
Alnus incana	V	---	---	39.0	3.5	---	---
Alnus incana	S	---	---	---	---	34.9	---
Alopecurus pratensis	K	---	---	---	---	---	100.0
Amelanchier ovalis	S	---	---	---	43.0	---	---
Anemone nemorosa	K	---	---	---	---	34.9	---
Anthriscus sylvestris	K	---	---	61.7	---	---	---
Arctium lappa	K	---	---	84.5	---	---	---
Arrhenatherum elatius	K	---	87.2	4.6	---	---	---
Artemisia vulgaris	K	---	27.0	27.0	---	---	---
Aruncus dioicus	K	---	---	---	24.5	---	---
Asarum europaeum	K	---	---	---	43.0	---	---
Berberis vulgaris	S	---	---	---	24.5	---	---
Betula pendula	B	---	---	---	36.1	25.8	---
Bromus commutatus	K	---	---	46.6	---	---	---
Calamagrostis arundinacea	K	---	---	---	24.5	---	---
Calystegia sepium	K	---	46.6	---	---	---	---
Campanula baumgartenii	K	---	---	---	24.5	---	---
Campanula patula	K	---	46.6	---	---	---	---
Campanula trachelium	K	---	---	---	24.5	---	---
Cardamine amara ssp. amara	K	---	---	---	50.0	---	---
Carex digitata	K	---	---	---	24.5	---	---
Carex sylvatica	K	---	---	---	8.6	25.8	---
Carpinus betulus	B	---	---	---	---	50.0	---
Carpinus betulus	V	---	---	---	---	72.5	---
Centaurea jacea	K	79.1	---	---	---	---	---
Chaerophyllum aromaticum	K	---	---	46.6	---	---	---
Chelidonium majus	K	---	---	52.7	34.1	---	---
Chrysosplenium alternifolium	K	---	---	---	50.0	---	---
Cirsium arvense	K	54.2	---	---	---	---	---
Cirsium oleraceum	K	54.2	---	---	---	---	---
Cornus sanguinea	S	---	---	---	24.1	24.1	49.8
Cornus sanguinea	V	---	---	---	---	34.9	---
Corylus avellana	S	---	---	---	23.0	42.7	---
Crataegus monogyna	S	---	---	---	20.0	20.0	60.0
Crataegus monogyna	V	---	---	---	---	34.9	---
Crataegus monogyna	B	---	---	25.2	---	30.8	---
Dactylis glomerata	K	---	10.2	10.2	---	---	56.1
Deschampsia cespitosa	K	29.1	17.7	---	---	3.0	---
Dryopteris filix-mas	K	---	---	---	44.3	9.6	---
Elymus repens	K	100.0	---	---	---	---	---
Equisetum arvense	K	---	25.8	---	---	---	77.5
Equisetum pratense	K	---	27.0	27.0	---	---	---
Equisetum sylvaticum	K	---	---	---	24.5	---	---
Equisetum telmateia	K	---	---	---	---	---	---
Euonymus europaea	S	---	---	---	23.4	59.5	---
Euonymus europaea	V	---	---	---	---	34.9	---
Festuca gigantea	K	---	---	---	---	---	---
Festuca ovina	K	---	---	46.6	---	---	---

Fortsetzung Tabelle C-115: synoptische Tabelle der Gesellschaftstreue (fidelity) (Phi coefficient A) der TWINSpan Einstellung 4 und Hierarchieebene 5 für den Gesamtartenbestand der Kaunas Fort V (LT)
(Farbcodierung analog zu setting 4 in Tabelle C-114)

Fragaria vesca	K	---	---	---	---	34.9	---
Fraxinus excelsior	B	---	---	---	41.9	---	54.9
Fraxinus excelsior	S	---	---	---	37.2	12.4	---
Fraxinus excelsior	V	---	---	1.9	35.9	35.9	---
Galium aparine	K	---	---	25.2	30.8	---	---
Galium boreale	K	---	46.6	---	---	---	---
Galium lucidum	K	54.2	---	---	---	---	---
Galium mollugo	K	---	67.4	---	---	---	---
Galium verum	K	---	---	---	---	---	100.0
Geranium robertianum	K	---	---	52.7	49.0	---	---
Geum rivale	K	---	---	---	65.7	14.3	---
Glechoma hederacea	K	---	---	67.4	---	---	---
Holcus mollis	K	100.0	---	---	---	---	---
Humulus lupulus	S	---	---	---	2.3	42.8	---
Impatiens glandulifera	K	---	---	46.6	---	---	---
Impatiens noli-tangere	K	---	---	48.7	59.5	---	---
Impatiens parviflora	K	---	---	---	67.4	---	---
Lamium album	K	---	---	46.6	---	---	---
Lamium galeobdolon	K	---	---	---	24.5	---	---
Lathyrus pratensis	K	87.2	4.6	---	---	---	---
Ligustrum vulgare	S	---	---	---	---	34.9	---
Lolium perenne	K	---	---	46.6	---	---	---
Lonicera xylosteum	S	---	---	---	44.5	52.2	---
Lysimachia nummularia	K	---	---	---	30.0	39.5	---
Malus domestica	S	---	---	---	---	---	100.0
Malus sylvestris	B	---	---	24.2	38.7	17.0	---
Malus sylvestris	K	---	46.6	---	---	---	---
Malus sylvestris	S	---	---	33.4	---	14.0	---
Medicago falcata	K	---	---	---	---	---	100.0
Myosotis sylvatica	K	---	---	---	---	34.9	---
Oxalis acetosella	K	---	---	---	86.8	---	---
Paris quadrifolia	K	---	---	---	72.5	---	---
Phleum pratense	K	100.0	---	---	---	---	---
Poa annua	K	79.1	---	---	---	---	---
Poa nemoralis	K	---	---	---	---	34.9	---
Poa pratensis	K	---	46.6	---	---	---	---
Poa trivialis	K	75.1	---	24.2	---	---	---
Populus tremula	B	---	---	33.4	14.0	---	---
Populus tremula	V	---	---	---	---	50.0	---
Primula veris	K	---	46.6	---	---	---	---
Prunus padus	B	---	---	---	77.5	---	---
Prunus padus	V	---	---	---	62.5	3.3	---
Prunus padus	S	---	---	---	44.5	52.2	---
Pulmonaria obscura	K	---	---	10.9	32.6	15.2	---
Pyrus pyraeaster	B	---	---	19.8	40.8	26.8	---
Quercus robur	B	---	---	---	56.3	---	---
Quercus robur	V	---	---	---	24.5	---	---
Ranunculus cassubicus	K	---	---	---	43.0	---	---
Ranunculus lanuginosus	K	---	---	---	64.9	25.2	---
Rosa canina	S	---	---	---	---	---	95.9
Rubus fruticosus agg.	K	---	46.6	---	---	---	---
Rubus fruticosus agg.	S	---	---	---	---	---	100.0
Rubus idaeus	S	---	---	52.6	13.2	---	---
Rubus vulgaris	S	---	---	---	---	---	---
Rubus vulgaris	K	---	27.0	27.0	---	---	---
Salix caprea	B	---	---	---	2.3	42.8	---
Salix fragilis	B	---	---	22.7	29.8	29.8	---
Salix fragilis	S	---	---	---	---	34.9	---
Sambucus nigra	S	---	---	22.1	38.0	---	---
Sambucus racemosa	S	---	---	---	---	---	92.2
Scopolia carniolica	K	---	---	---	24.5	---	---
Scrophularia nodosa	K	---	---	---	24.5	---	---
Senecio vulgaris	K	---	46.6	---	---	---	---
Solidago canadensis	K	---	46.6	---	---	---	---
Sorbus aucuparia	B	---	---	---	8.6	25.8	---
Sorbus aucuparia	V	---	---	---	---	---	---
Sorbus aucuparia	S	---	---	---	---	---	69.7
Stachys sylvatica	K	---	---	28.9	22.9	---	---
Stellaria holostea	K	---	---	---	---	34.9	---
Stellaria nemorum	K	---	---	---	24.5	---	---

Fortsetzung Tabelle C-115: synoptische Tabelle der Gesellschaftstreue (fidelity) (Phi coefficient A) der TWINSpan Einstellung 4 und Hierarchieebene 5 für den Gesamtartenbestand der Kaunas Fort V (LT) (Farbcodierung analog zu setting 4 in Tabelle C-114)

Stellaria nemorum ssp. nemorum	K	---	---	---	24.5	---	---
Syringa vulgaris	S	---	---	---	24.5	---	---
Taraxacum sect. Ruderalia	K	---	---	84.5	---	---	---
Tilia cordata	B	---	---	---	55.3	48.0	---
Tilia cordata	S	---	---	---	49.0	41.1	---
Tilia cordata	V	---	---	---	17.2	72.9	---
Trifolium medium	K	---	4.6	---	---	---	87.2
Ulmus glabra	V	---	---	---	56.8	5.2	---
Ulmus glabra	S	---	---	---	47.7	---	68.7
Ulmus glabra	B	---	---	---	42.7	33.9	---
Ulmus minor	B	---	---	---	34.9	---	---
Ulmus minor	S	---	---	---	21.2	32.7	---
Ulmus minor	V	---	---	---	20.0	20.0	---
Urtica dioica	K	---	---	65.2	19.9	---	---
Valeriana officinalis	K	---	---	---	---	---	---
Veronica chamaedrys	K	---	---	---	29.0	29.0	---
Viburnum opulus	S	---	---	---	50.8	7.3	---
Vicia cracca	K	33.3	---	---	---	---	65.3
Vicia sepium	K	---	27.0	27.0	---	---	---

Tabelle C-116: Übersicht und Abkürzungen bzw. Nummern der Relevés der Gesamtauswertungen der Biotopkartierungen am Standort Kaunas (LT)

Nr.	Relevee	Nr.	Relevee	Nr.	Relevee	Nr.	Relevee
1	Fort V GI 2006-001a	13	Fort V GI 2006-004c	25	Fort V VJ 2016-003b	37	Fort IV VJ 2016-007
2	Fort V GI 2006-001b	14	Fort V GI 2006-004d	26	Fort V VJ 2016-004b	38	Fort IV VJ 2016-008a
3	Fort V GI 2006-001d	15	Fort V VJ 2016-001a	27	Fort V VJ 2016-004c	39	Fort IV VJ 2016-008b
4	Fort V GI 2006-001e	16	Fort V VJ 2016-001b	28	Fort V VJ 2016-004d	40	Fort IV VJ 2016-009a
5	Fort V GI 2006-001f	17	Fort V VJ 2016-001d	29	Fort V VJ 2016-010a	41	Fort IV VJ 2016-009b
6	Fort V GI 2006-001i	18	Fort V VJ 2016-001e	30	Fort V VJ 2016-010b	42	Fort IV VJ 2016-009c
7	Fort V GI 2006-001o	19	Fort V VJ 2016-001f	31	Fort V VJ 2016-010c	43	Fort IV VJ 2016-009d
8	Fort V GI 2006-002a	20	Fort V VJ 2016-001i	32	Fort V VJ 2016-011	44	Fort IV VJ 2016-009e
9	Fort V GI 2006-002d	21	Fort V VJ 2016-001o	33	Fort V VJ 2016-012	45	Fort Marva VJ 2016-004
10	Fort V GI 2006-002e	22	Fort V VJ 2016-002a	34	Fort VII VJ 2016-001	46	Fort Marva VJ 2016-005
11	Fort V GI 2006-003b	23	Fort V VJ 2016-002d	35	Fort VII VJ 2016-002	47	Fort Marva VJ 2016-006
12	Fort V GI 2006-004b	24	Fort V VJ 2016-002e	36	Fort VII VJ 2016-003		

Tabelle C-118: synoptische Tabelle der Gesellschaftstreue (fidelity) (Phi coefficient A) der TWINSpan Einstellung 4 und Hierarchieebene 6 für den Gesamtartenbestand der Forts in Kaunas (LT) (Farbcodierung analog zu setting 4 in Tabelle C-117)

Artname	Schicht	Anzahl der Relevees													
		3	2	4	4	1	4	3	4	1	3	10	3	4	1
Acer negundo	S	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	66,4	---	---	---
Acer negundo	V	---	---	---	---	---	---	---	---	---	28,8	7,7	28,8	---	---
Acer negundo	B	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	28,4	---	---	---
Acer platanoides	S	---	---	---	---	---	---	---	---	---	18	50,4	---	42,5	---
Acer platanoides	V	---	5,1	---	---	---	---	---	---	18,7	33,1	12,5	33,1	38,7	---
Acer platanoides	B	---	---	---	---	---	---	---	---	---	26,7	44,9	26,7	1,1	---
Acer pseudoplatanus	S	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	50,2	---	---	---
Acer pseudoplatanus	V	---	---	---	---	---	---	11,3	---	---	---	18	34,5	26,8	---
Achillea millefolium	K	22,8	---	---	32,3	23,8	32,3	42,2	---	---	---	---	---	---	---
Aegopodium podagraria	K	---	18,1	---	---	---	10,8	---	---	12,7	22,5	44,7	---	---	---
Aesculus hippocastanum	B	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	7,7	64,4	---	---
Aesculus hippocastanum	V	---	---	---	---	---	---	---	---	---	23,2	2,8	54,4	---	---
Aesculus hippocastanum	S	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	48,3	---
Agrimonia eupatoria	K	---	---	47,1	---	---	67,3	11,3	---	---	---	---	---	---	---
Agrimonia procera	K	---	---	---	23,2	56,5	---	---	---	---	---	7,7	---	---	---
Agrostis stolonifera	K	---	100	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Alchemilla vulgaris	K	---	---	69,1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Alliaria petiolata	K	---	---	---	---	---	---	---	48,3	---	---	---	---	---	---
Alnus incana	B	---	---	---	---	---	---	---	24,6	---	---	69,1	16,6	---	---
Alnus incana	S	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	31,3	69,9
Alnus incana	V	---	---	---	---	---	---	---	31,3	---	37,6	---	---	---	---
Alopecurus pratensis	K	---	50,4	---	---	---	72,9	13,5	---	---	---	---	---	---	---
Amelanchier ovalis	S	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	50,2	---	---	---
Anemone nemorosa	K	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	48,3	---
Anthriscus sylvestris	K	---	31,3	---	---	---	---	---	45,3	---	---	2,8	---	---	---
Arctium lappa	K	---	61,1	---	---	---	---	---	63,7	---	---	---	---	---	---
Arrhenatherum elatius	K	---	---	49,3	49,3	---	49,3	---	---	---	---	---	---	---	---
Artemisia campestris	K	---	55,1	---	---	---	79,7	---	---	---	---	---	---	---	---
Artemisia vulgaris	K	---	---	23,2	---	56,5	---	---	23,2	---	---	---	---	---	---
Aruncus dioicus	K	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	28,4	---	---	---
Asarum europaeum	K	---	---	---	---	---	---	---	---	---	64,4	7,7	---	---	---
Asparagus officinalis	K	---	---	---	48,3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Avena fatua	K	---	---	---	---	100	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Berberis vulgaris	S	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	28,4	---	---	---
Betula pendula	B	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	51,3	13,5	8,7	---
Bromus commutatus	K	---	---	---	---	---	---	---	48,3	---	---	---	---	---	---
Bromus inermis	K	---	---	---	---	---	69,1	---	---	---	---	---	---	---	---
Calamagrostis arundinacea	K	---	---	---	---	---	---	---	---	100	---	---	---	---	---
Calamagrostis epigejos	K	---	---	---	48,3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Calystegia sepium	K	---	---	31,3	31,3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Campanula baumgartenii	K	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	28,4	---	---	---
Campanula patula	K	---	---	48,3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Campanula rapunculoides	K	---	---	---	---	---	69,1	---	---	---	---	---	---	---	---
Campanula scheuchzeri	K	---	---	---	48,3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Campanula trachelium	K	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	28,4	---	---	---
Cardamine amara ssp. amara	K	---	---	---	---	---	---	---	---	---	54,4	21,4	---	---	---
Cardamine pratensis	K	---	---	---	48,3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Carex acuta	K	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	100
Carex digitata	K	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	28,4	---	---	---
Carex sylvatica	K	---	---	---	---	---	---	---	---	69,9	---	---	---	31,3	---
Carpinus betulus	B	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	69,1	---
Carpinus betulus	V	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	23,2	72,7	---
Centaurea jacea	K	34,5	---	---	6,5	---	67,3	11,3	---	---	---	---	---	---	---
Chaerophyllum aromaticum	K	---	---	---	---	---	---	---	48,3	---	---	---	---	---	---
Chelidonium majus	K	---	---	---	---	---	---	---	34,6	---	---	64,9	---	---	---
Chrysosplenium alternifolium	K	---	---	---	---	---	---	---	---	---	23,2	40	---	---	---
Cichorium intybus	K	---	---	---	---	48,3	45,3	23,2	---	---	---	---	---	---	---
Cirsium arvense	K	19,2	---	---	---	---	88,4	---	---	---	---	---	---	---	---
Cirsium oleraceum	K	37,6	---	---	31,3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Cirsium vulgare	K	---	47,8	---	31,3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Convolvulus arvensis	K	---	---	---	48,3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Cornus sanguinea	S	---	---	---	---	17,1	---	---	---	---	---	60,4	30,3	4,6	17,1
Cornus sanguinea	V	---	23,5	---	---	---	34	16,1	---	---	---	---	---	11,2	38,5
Corylus avellana	S	---	---	---	---	---	---	---	---	---	13,5	22,1	13,5	30,1	---
Crataegus monogyna	S	---	---	---	---	---	---	36,3	---	---	---	50,4	18	10,3	---
Crataegus monogyna	B	---	---	---	---	---	---	---	23,2	---	---	---	28,8	23,2	---
Crataegus monogyna	V	---	31,3	---	---	---	45,3	---	---	---	---	---	23,2	---	---

Fortsetzung Tabelle C-118: synoptische Tabelle der Gesellschaftstreue (fidelity) (Phi coefficient A) der TWINSpan Einstellung 4 und Hierarchieebene 6 für den Gesamtartenbestand der Forts in Kaunas (LT)

Crepis biennis	K	---	---	---	18	---	45,3	23,2	---	---	---	---	---	---
Dactylis glomerata	K	0,8	---	11,8	44,5	21,5	11,8	38,1	11,8	---	---	---	---	---
Daucus carota	K	---	---	---	48,3	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Deschampsia cespitosa	K	16,1	55,1	11,2	11,2	---	---	---	---	---	---	---	11,2	---
Dryopteris filix-mas	K	---	---	---	---	---	---	---	---	16,1	42,4	16,1	---	---
Elymus repens	K	100	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Epilobium hirsutum	K	---	80,7	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	56,5
Equisetum arvense	K	---	---	54,4	---	---	---	28,8	---	---	---	---	---	---
Equisetum fluviatile	K	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	100
Equisetum pratense	K	---	---	18	45,3	---	---	18	---	---	---	---	---	---
Equisetum sylvaticum	K	---	---	---	---	---	---	---	---	---	28,4	---	---	---
Equisetum telmateia	K	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Euonymus europaea	S	---	---	---	---	---	---	---	---	---	45,7	21,1	46,8	---
Euonymus europaea	V	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	48,3	---
Festuca gigantea	K	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Festuca ovina	K	---	---	---	---	---	---	48,3	---	---	---	---	---	---
Fragaria vesca	K	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	48,3	---
Fraxinus excelsior	V	---	---	---	---	---	---	---	---	42,2	26	22,8	15,2	---
Fraxinus excelsior	B	---	---	---	---	---	---	---	---	36,3	61,4	18	---	---
Fraxinus excelsior	S	---	---	---	---	---	---	---	---	47,4	15,8	---	14,2	---
Galium album	K	---	---	---	48,3	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Galium album ssp. album	K	---	---	---	69,1	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Galium aparine	K	---	---	---	---	---	---	14,2	---	---	49,5	---	---	---
Galium boreale	K	---	---	48,3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Galium lucidum	K	28,8	---	---	23,2	---	---	28,8	---	---	---	---	---	---
Galium mollugo	K	---	---	69,1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Galium verum	K	---	---	---	31,3	---	---	37,6	---	---	---	---	---	---
Gentiana cruciata	K	---	---	---	---	---	48,3	---	---	---	---	---	---	---
Geranium robertianum	K	---	---	---	---	---	---	32,3	23,8	42,2	37,6	---	---	---
Geranium sylvaticum	K	---	---	---	---	---	48,3	---	---	---	---	---	---	---
Geum rivale	K	---	---	---	---	---	---	---	25,2	---	76,9	---	17,1	---
Glechoma hederacea	K	---	---	---	---	---	---	---	69,1	---	---	---	---	---
Heracleum sphondylium	K	---	---	---	14,2	---	88,4	---	---	---	---	---	---	---
Hieracium pilosella	K	---	---	---	---	---	48,3	---	---	---	---	---	---	---
Holcus mollis	K	100	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Humulus lupulus	S	---	---	---	---	---	---	---	---	---	7,7	28,8	23,2	---
Hypericum perforatum	K	---	---	---	69,1	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Impatiens glandulifera	K	---	---	---	---	---	---	48,3	---	---	---	---	---	---
Impatiens noli-tangere	K	---	---	---	---	---	---	28,2	---	38,1	64,8	---	---	---
Impatiens parviflora	K	---	---	---	---	---	---	---	---	---	80,5	---	---	---
Knautia arvensis	K	---	---	---	48,3	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Koeleria glauca	K	---	---	---	48,3	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Lamium album	K	---	---	---	---	---	---	48,3	---	---	---	---	---	---
Lamium galeobdolon	K	---	---	---	---	---	---	---	---	56,5	---	---	---	---
Lathyrus pratensis	K	62,4	50,4	8,7	---	---	8,7	---	---	---	---	---	---	---
Leontodon saxatilis	K	---	---	---	69,1	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Ligustrum vulgare	S	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	48,3	---
Lolium perenne	K	---	---	---	---	---	---	48,3	---	---	---	---	---	---
Lonicera xylosteum	S	---	---	---	---	---	---	---	---	21,1	45,7	21,1	30,2	---
Lotus corniculatus	K	---	---	---	54,4	56,5	---	---	---	---	---	---	---	---
Lysimachia nummularia	K	---	---	---	---	---	---	---	---	---	45,6	---	47,1	---
Lythrum salicaria	K	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	100
Malus domestica	S	---	---	---	---	---	---	56,5	---	---	---	---	---	---
Malus sylvestris	B	---	---	---	---	---	---	13,5	---	---	68,4	21,1	---	---
Malus sylvestris	S	---	---	---	---	---	---	31,3	---	---	---	---	31,3	---
Malus sylvestris	K	---	---	48,3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Medicago falcata	K	---	---	---	11,2	---	79,7	16,1	---	---	---	---	---	---
Myosotis sylvatica	K	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	48,3	---
Ononis arvensis	K	---	---	---	---	---	69,1	---	---	---	---	---	---	---
Oxalis acetosella	K	---	---	---	---	---	---	---	26,7	26,7	69,5	---	---	---
Paris quadrifolia	K	---	---	---	---	---	---	---	---	11,3	73,3	---	---	---
Phleum pratense	K	100	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Plantago lanceolata	K	---	---	---	48,3	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Poa annua	K	80,7	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Poa nemoralis	K	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	48,3	---
Poa pratensis	K	---	---	48,3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Poa trivialis	K	68,3	---	---	---	---	---	34	38,5	---	---	---	---	---
Populus spec.	S	---	---	---	---	---	56,5	---	---	---	---	---	---	---
Populus spec.	V	---	69,1	---	---	---	18	23,2	---	---	---	---	---	---
Populus tremula	B	---	---	---	---	---	---	23,2	---	---	29	---	---	---
Populus tremula	V	---	---	---	---	---	---	---	---	---	80,7	---	---	---

Fortsetzung Tabelle C-118: synoptische Tabelle der Gesellschaftstreue (fidelity) (Phi coefficient A) der TWINSpan Einstellung 4 und Hierarchieebene 6 für den Gesamtartenbestand der Forts in Kaunas (LT)

Potentilla anserina	K	---	---	---	48,3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Potentilla incana	K	---	---	---	48,3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Primula veris	K	---	---	48,3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Prunus padus	S	---	---	---	---	---	---	---	---	---	68,4	21,1	30,2	---	---
Prunus padus	B	---	---	---	---	---	---	---	---	9,4	80,4	---	---	---	---
Prunus padus	V	---	38,1	---	---	---	---	---	---	47,2	32,7	6,1	---	---	---
Pulmonaria obscura	K	---	---	---	---	---	---	4,5	---	31,5	27,5	---	23,9	---	---
Pyrus pyraster	B	---	---	---	---	---	---	10,3	---	---	72,4	36,3	---	---	---
Quercus robur	B	---	---	---	---	---	---	---	---	---	66,4	---	---	---	---
Quercus robur	V	---	---	---	---	---	---	---	---	---	28,4	---	---	---	---
Ranunculus arvensis	K	---	61,1	---	---	---	63,7	---	---	---	---	---	---	---	---
Ranunculus cassubicus	K	---	---	---	---	---	---	---	---	28,8	29	---	---	---	---
Ranunculus ficaria	K	---	---	---	---	---	48,3	---	---	---	---	---	---	---	---
Ranunculus lanuginosus	K	---	---	---	---	---	---	---	---	40,1	57,1	---	30,2	---	---
Rosa canina	S	---	---	---	---	---	64,4	---	---	---	7,7	---	---	---	---
Rosa canina	K	---	---	---	---	69,1	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Rubus fruticosus agg.	K	---	---	48,3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Rubus fruticosus agg.	S	---	---	---	---	---	56,5	---	---	---	---	---	---	---	---
Rubus idaeus	S	---	---	---	---	---	---	38,9	---	---	32,6	---	---	---	---
Rubus spec.	K	---	---	---	48,3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Rubus vulgaris	K	---	---	31,3	---	---	---	31,3	---	---	---	---	---	---	---
Rubus vulgaris	S	---	---	---	---	48,3	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Salix caprea	B	---	---	---	---	---	---	---	---	---	7,7	28,8	23,2	---	---
Salix cinerea	V	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	100	---
Salix fragilis	B	---	---	---	---	---	---	13,5	---	2	45,7	40,1	---	---	---
Salix fragilis	S	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	31,3	69,9	---
Salix viminalis	V	---	69,9	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Salvia pratensis	K	---	61,1	---	---	---	63,7	---	---	---	---	---	---	---	---
Sambucus nigra	S	---	---	---	---	---	---	11,2	---	42,2	26,8	---	---	---	---
Sambucus nigra	V	---	69,9	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Sambucus racemosa	S	---	---	---	---	---	28,8	---	---	---	29	---	---	---	---
Scabiosa canescens	K	---	---	---	---	85,6	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Scopolia carniolica	K	---	---	---	---	---	---	---	---	56,5	---	---	---	---	---
Scrophularia nodosa	K	---	---	---	---	---	---	---	---	---	28,4	---	---	---	---
Senecio vulgaris	K	---	---	48,3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Silene dioica	K	---	---	---	---	48,3	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Silene latifolia ssp. alba	K	---	---	---	48,3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Silene vulgaris	K	---	---	69,1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Solidago canadensis	K	---	31,3	31,3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Sonchus oleraceus	K	---	69,9	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Sorbus aucuparia	S	---	---	---	---	---	---	13,5	8,7	---	22,1	13,5	8,7	---	---
Sorbus aucuparia	B	---	---	---	---	---	---	---	---	---	14,8	---	31,3	---	---
Sorbus aucuparia	V	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Stachys sylvatica	K	---	---	---	---	---	---	18	---	---	40	---	---	---	---
Stellaria holostea	K	---	---	---	---	72,7	---	---	---	---	---	---	18	---	---
Stellaria nemorum	K	---	---	---	---	---	---	---	---	---	28,4	---	---	---	---
Stellaria nemorum ssp. nemorum	K	---	---	---	---	---	---	---	---	---	28,4	---	---	---	---
Syringa vulgaris	S	---	---	---	---	---	---	---	---	---	28,4	---	---	---	---
Taraxacum sect. Ruderalia	K	---	---	18	---	---	---	72,7	---	---	---	---	---	---	---
Tilia cordata	B	---	---	---	---	---	---	---	---	18	61,4	18	26,4	---	---
Tilia cordata	S	---	---	---	---	---	---	---	---	22,8	49,2	3,3	32,3	---	---
Tilia cordata	V	---	---	---	---	---	---	---	---	26,7	8,1	26,7	55,2	---	---
Trifolium medium	K	---	31,3	---	---	---	37,6	---	---	---	---	---	---	---	---
Trifolium pratense	K	---	---	85,6	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Tussilago farfara	K	---	100	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Typha latifolia	K	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	100	---
Ulmus glabra	B	---	---	---	---	---	---	---	---	29	36,5	29	2,8	---	---
Ulmus glabra	S	---	---	---	---	---	4,7	---	---	24,6	76,9	---	---	---	---
Ulmus glabra	V	---	40,6	---	---	---	---	---	---	29	36,5	7,7	---	---	---
Ulmus minor	V	---	---	---	---	---	---	---	---	---	29	28,8	---	---	---
Ulmus minor	B	---	---	---	---	---	---	---	---	---	40,6	---	---	---	---
Ulmus minor	S	---	---	---	---	---	---	---	---	---	32,6	19,2	14,2	---	---
Urtica dioica	K	---	---	---	---	---	---	47,1	---	---	45,6	---	---	---	---
Valeriana officinalis	K	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Veronica chamaedrys	K	---	---	---	---	---	---	---	38,5	16,1	11,3	---	34	---	---
Viburnum opulus	S	---	---	---	---	---	---	---	---	---	65,9	13,5	---	---	---
Vicia cracca	K	29	---	---	40	---	40	7,7	2,8	---	---	---	---	---	---
Vicia sepium	K	---	---	31,3	---	---	---	31,3	---	---	---	---	---	---	---

Tabelle C-119: Übersicht der TWINSPAN Auswertungen (setting 1 und setting 4) für alle kartierten Forts (Teil 1 Offenlandflächen)

Setting 1																																																																
Relevées	Atlantic fortresses Peniche	Atlantic fortresses Vigo Nord Vormauer 001	Atlantic fortresses Cascais	Atlantic fortresses Vigo Nordostmaueroben 002	Atlantic fortresses Vigo Mauerkrone oben 004	Atlantic fortresses Vigo Westmauer oben 003	Atlantic fortresses Pendennis Castle	Wroclaw W-007	Hahnberg VJ2 2018	Hahnberg PF10 2014	Hahnberg PF5 2018	Hahnberg PF10 2006	Hahnberg PF4 2006	Wroclaw W-012b	Hahnberg PF5 2006	Hahnberg PF5 2014	Hahnberg PF4 2014	Wroclaw W-005b	Josefov Josefov 2014-001	Kaunas Fort V 2016-010c	Kaunas Fort V 2016-010a	Kaunas Fort V 2016-010b	Wroclaw W-005c	Kaunas other Forts Fort VII VJ 2016-002	Wroclaw W-010	Wroclaw W-005a	Josefov Josefov 2014-004	Josefov Josefov 2014-003	Josefov Josefov 2014-006	Josefov Josefov 2014-005	Wroclaw W-002	Wroclaw W-001	Wroclaw W-003	Wroclaw W-002a	Kaunas other Forts Fort Marva VJ 2016-004	Kaunas Fort V 2006-004b	Kaunas Fort V 2006-004c	Kaunas other Forts Fort VII VJ 2016-003	Kaunas Fort V 2016-004c	Kaunas Fort V 2016-004b	Kaunas other Forts Fort Marva VJ 2016-005	Kaunas other Forts Fort IV VJ 2016-009d	Kaunas other Forts Fort VII VJ 2016-001	Kaunas other Forts Fort IV VJ 2016-009e	Kaunas Fort V 2016-012	Kaunas other Forts Fort IV VJ 2016-009b	Kaunas other Forts Fort IV VJ 2016-009c	Kaunas other Forts Fort IV VJ 2016-007	Kaunas other Forts Fort IV VJ 2016-009a	Kaunas other Forts Fort IV VJ 2016-008b	Kaunas other Forts Fort IV VJ 2016-008a													
	106	107	105	108	110	109	111	49	12	11	9	10	5	39	7	8	6	45	99	82	80	81	46	86	35	44	102	101	104	103	41	36	37	42	96	63	64	87	78	77	97	94	85	95	84	92	93	88	91	90	89													
	Level 1	Geranium-Cymbalaria-Erigeron																				Acer plat.-Crategus Gruppe																																										
	Level 2	Erigeron-Geranium-Gr.							Achillea-Arrhenaterum-Gruppe																																																							
	Level 3	Parietaria-Erigeron							Silene							Euphorbia cyp.-Trifolium arv. Gruppe							Arrhenaterum-Dactylis Gruppe																																									
	Level 4								Digitalis														Phleum prat.- Elymus Gruppe							Arrhenaterum-Agrimonia eupat. Gruppe																																		
	Level 5								uvm.																					Arrhenaterum-Dactylis Gruppe								Salvia-Ran.-Alop.-Art. Gr.																										
	Level 6															Bert-Anch.							Hier.umb.-Cent.jac.							Phleum-Poa annua							Festuca. prat. Cruciata-glabra								Arrh.-Alchemilla Gr.								Gal. Luc.-Conv. Gr							Med.-Herac.-Ros.				
	Setting 4																																																															
	Relevées	Atlantic fortresses Vigo Nordostmauer oben 002	Atlantic fortresses Cascais	Atlantic fortresses Vigo Nord Vormauer 001	Atlantic fortresses Vigo Mauerkrone oben 004	Atlantic fortresses Pendennis Castle	Atlantic fortresses Vigo Westmauer oben 003	Atlantic fortresses Peniche	Hahnberg VJ2 2018	Wroclaw W-007	Hahnberg PF5 2006	Hahnberg PF4 2014	Hahnberg PF4 2006	Hahnberg PF5 2014	Hahnberg PF10 2006	Hahnberg PF10 2014	Hahnberg PF5 2018	Wroclaw W-005a	Wroclaw W-012b	Kaunas Fort V 2016-010b	Kaunas Fort V 2016-010a	Kaunas Fort V 2016-010c	Wroclaw W-010	Wroclaw W-005c	Josefov Josefov 2014-004	Josefov Josefov 2014-003	Josefov Josefov 2014-006	Josefov Josefov 2014-005	Kaunas other Forts Fort Marva VJ 2016-005	Kaunas Fort V 2016-004b	Kaunas Fort V 2016-004c	Wroclaw W-003	Wroclaw W-002	Kaunas Fort V 2006-004c	Kaunas Fort V 2006-004b	Wroclaw W-002a	Wroclaw W-001	Kaunas other Forts Fort VII VJ 2016-002	Kaunas other Forts Fort VII VJ 2016-003	Kaunas other Forts Fort VII VJ 2016-001	Kaunas other Forts Fort Marva VJ 2016-004	Wroclaw W-005b	Kaunas other Forts Fort IV VJ 2016-009d	Kaunas other Forts Fort IV VJ 2016-009e	Kaunas Fort V 2016-012	Kaunas other Forts Fort IV VJ 2016-009b	Kaunas other Forts Fort IV VJ 2016-009c	Kaunas other Forts Fort IV VJ 2016-009a	Kaunas other Forts Fort IV VJ 2016-008b	Kaunas other Forts Fort IV VJ 2016-007	Kaunas other Forts Fort IV VJ 2016-008a													
		108	105	107	110	111	109	106	12	49	7	6	5	8	10	11	9	44	39	81	80	82	35	46	102	101	104	103	97	77	78	37	41	64	63	42	36	86	87	85	96	45	94	95	84	92	93	91	90	88	89													
		Level 1	Eriegron-Gemaium																				Acer plat.-Crategus																																									
		Level 2	Pariet.-Erig.							Silene							Achillea-Arrhenaterum-Gruppe																																															
		Level 3								Digitalis							Euph. cyp.-Fest. ov.-Trif. arv. Gruppe							Arrhenaterum-Dactylis glomerata Gruppe																																								
		Level 4								uvm.							Euph. cyp.-Fest. ov. Gruppe							Salvia prat.-Ran.arv.-Alopec.prat Gr.																																								
		Level 5															Euph. cyp. - Hierac. umb.-Gr.							Rum. obt.							Elymus-Phleum pratense Gruppe							Arrhenaterum-Galium album Gruppe							Mediicago falc.-Agri. Eup-Cente							Pop.-Tuss. Gr												
		Level 6								Sax.-Prun							Malus don							P.annua-Lath...							Cruciata glabra-Primula veris														Pop.- R.can.							Salvia- Camp.												

Tabelle C-121: Darstellung der ungewichteten Mittelwerte der Zeigerwerte der Gruppen nach der TWINSpan Analyse setting 1 der Hierarchieebenen 4 bis 6 (Farben der Gruppen analog zu Tabelle C-119 und Tabelle C-120) auf Basis der einzelnen Relevee-Daten

setting 1																						
Level 4																						
Zeigerwert	Gruppennummer																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10												
L	7,2	6,9	6,8	7,4	7,4	6,9	7,0	5,2	5,2	6,9												
T	6,3	6,6	6,0	5,3	5,9	5,6	5,4	5,3	5,6	4,9												
K	5,0	3,6	3,6		5,5	4,9	5,0	5,4	5,2	6,0												
F	4,3	5,3	4,9	4,8	3,5	5,0	4,9	5,9	5,2	6,1												
R	7,3	6,7	6,3	5,7	5,2	6,3	7,1	6,8	6,0	6,7												
N	4,8	5,8	5,6	6,0	3,5	5,7	5,5	6,3	6,5	5,8												
Level 5																						
Zeigerwert	Gruppennummer																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15							
L	7,2	6,9	6,8	7,4	7,8	7,4	7,0	6,9	7,0	6,9	6,4	5,0	5,2	5,1	6,9							
T	6,3	6,6	6,0	5,3	6,0	5,8	5,5	5,6	5,4	5,5	5,4	5,3	5,7	5,6	4,9							
K	5,0	3,6	3,6		4,0	5,6		4,9	4,9	5,3	5,2	5,4	5,3	5,0	6,0							
F	4,3	5,3	4,9	4,8	2,7	3,6	3,5	5,1	4,9	4,9	5,6	5,9	5,2	5,2	6,1							
R	7,3	6,7	6,3	5,7	5,0	5,2	6,7	6,2	6,9	7,4	6,6	6,9	6,8	5,2	6,7							
N	4,8	5,8	5,6	6,0	3,8	3,4	8,0	5,6	5,5	5,7	7,0	6,2	7,0	6,1	5,8							
Level 6																						
Zeigerwert	Gruppennummer																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
L	7,2	6,9	6,8	7,4	7,8	7,8	7,2	7,0	6,4	7,1	7,0	6,9	7,1	6,6	6,4	5,2	5,0	5,4	5,2	5,0	5,3	6,9
T	6,3	6,6	6,0	5,3	6,0	5,9	5,8	5,5	5,3	5,7	5,4	5,4	5,5	5,4	5,4	5,4	5,3	5,8	5,6	5,7	5,5	4,9
K	5,0	3,6	3,6		4,0	6,4	5,2		4,4	5,2	4,6	5,6	5,4	5,0	5,2	5,1	5,5	5,0	5,5	5,2	4,7	6,0
F	4,3	5,3	4,9	4,8	2,7	3,7	3,6	3,5	5,5	4,9	5,1	4,6	4,5	5,8	5,6	5,6	6,0	5,1	5,3	5,3	5,2	6,1
R	7,3	6,7	6,3	5,7	5,0	5,4	5,1	6,7	5,5	6,6	6,8	7,2	7,4	7,3	6,6	7,0	6,8	6,4	7,0	5,1	5,5	6,7
N	4,8	5,8	5,6	6,0	3,8	4,0	3,1	8,0	6,0	5,4	5,7	5,0	5,3	6,5	7,0	5,7	6,3	7,2	7,0	6,4	5,5	5,8

Tabelle C-122: Darstellung der ungewichteten Mittelwerte der Zeigerwerte der Gruppen nach der TWINSpan Analyse setting 4 der Hierarchieebenen 4 bis 6 (Farben der Gruppen analog zu Tabelle C-119 und Tabelle C-120) auf Basis der einzelnen Relevee-Daten

setting 4																						
Level 4																						
Zeigerwert	Gruppennummer																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9													
L	6,9	6,8	7,2	7,4	7,0	6,9	5,2	5,2	6,9													
T	6,6	6,0	6,3	5,7	5,5	5,4	5,3	5,6	4,9													
K	3,6	3,6	5,0	5,5	4,9	5,3	5,3	5,2	6,0													
F	5,3	4,9	4,3	3,8	5,0	4,9	5,8	5,2	6,1													
R	6,7	6,3	7,3	5,3	6,5	7,3	6,8	6,0	6,7													
N	5,8	5,6	4,8	3,8	5,7	5,5	6,3	6,5	5,8													
Level 5																						
Zeigerwert	Gruppennummer																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13									14
L	6,9	6,8	7,2	7,5	7,0	6,9	7,1	7,0	6,8	5,5	5,2	5,2	5,1	6,9								
T	6,6	6,0	6,3	5,8	5,6	5,7	5,5	5,4	5,4	5,3	5,3	5,6	5,7	4,9								
K	3,6	3,6	5,0	5,5	5,3	5,0	4,8	5,3	5,2	4,0	5,4	5,3	5,0	6,0								
F	5,3	4,9	4,3	3,6	4,6	5,1	4,8	4,6	5,4	5,2	5,9	5,2	5,3	6,1								
R	6,7	6,3	7,3	5,5	4,2	6,2	6,8	7,3	7,3	7,0	6,8	6,8	4,7	6,7								
N	5,8	5,6	4,8	3,6	4,5	5,6	5,7	5,2	6,1	6,2	6,3	6,9	5,9	5,8								
Level 6																						
Zeigerwert	Gruppennummer																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
L	6,9	6,8	7,2	7,6	7,5	7,0	6,7	7,0	7,1	7,0	6,8	7,1	6,8	5,5	6,4	5,0	5,4	5,2	4,9	5,3	6,9	
T	6,6	6,0	6,3	5,7	5,8	5,6	5,3	5,8	5,4	5,5	5,2	5,5	5,4	5,3	5,4	5,3	5,8	5,6	5,8	5,6	4,9	
K	3,6	3,6	5,0	4,0	5,7	5,3	4,5	5,3	4,8		5,3	5,3	5,2	4,0	5,2	5,4	5,0	5,4	5,2	4,8	6,0	
F	5,3	4,9	4,3	3,7	3,5	4,6	5,6	4,9	5,0	3,5	4,7	4,5	5,4	5,2	5,6	5,9	5,1	5,3	5,4	5,2	6,1	
R	6,7	6,3	7,3	5,3	5,6	4,2	5,0	6,7	6,8	6,7	7,2	7,4	7,3	7,0	6,6	6,9	6,4	6,9	3,5	5,6	6,7	
N	5,8	5,6	4,8	4,9	3,3	4,5	5,9	5,5	5,6	8,0	5,2	5,3	6,1	6,2	7,0	6,2	7,2	6,9	6,1	5,8	5,8	

Fort Hahneberg (D)

Tabelle D-1: Übersicht der Flächenentwicklung verschiedener Hauptbiotoptypen am Standort Fort Hahneberg (D) von 1928 bis 2016

	Waldbiotope		Offenland-biotope		Siedlungs- und Verkehrsflächen		Sonstige Flächen		Gesamtfläche
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha
1928									
Innenbereich	0,0	0,0	4,6	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6
Innenbereich und Katasterfläche	4,7	36,0	8,4	64,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,2
Innenbereich plus 250m Puffer	5,5	11,5	31,3	65,5	3,8	8,0	7,2	15,1	47,8
1953									
Innenbereich	0,7	16,4	3,8	83,6	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6
Innenbereich und Katasterfläche	3,1	23,3	9,6	73,0	0,0	0,0	0,5	3,7	13,2
Innenbereich plus 250m Puffer	5,0	10,4	30,5	63,9	6,5	13,5	5,8	12,2	47,8
1990									
Innenbereich	2,7	59,6	1,8	40,4	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6
Innenbereich und Katasterfläche	9,4	71,6	3,7	27,7	0,0	0,3	0,0	0,3	13,2
Innenbereich plus 250m Puffer	16,5	34,5	17,3	36,1	8,8	18,5	5,2	10,8	47,8
1995									
Innenbereich	3,4	74,3	1,2	25,7	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6
Innenbereich und Katasterfläche	10,4	79,0	2,8	20,9	0,0	0,0	0,0	0,0	13,2
Innenbereich plus 250m Puffer	17,6	36,8	18,9	39,4	7,6	16,0	3,7	7,8	47,8
2004									
Innenbereich	3,5	77,5	0,9	18,7	0,0	0,0	0,2	3,8	4,6
Innenbereich und Katasterfläche	11,1	84,4	1,8	13,9	0,0	0,0	0,2	1,6	13,2
Innenbereich plus 250m Puffer	20,2	42,2	14,1	29,4	11,6	24,3	1,9	4,0	47,8
2012									
Innenbereich	2,3	49,5	1,8	40,0	0,0	0,0	0,5	10,4	4,6
Innenbereich und Katasterfläche	8,8	66,5	3,6	27,1	0,0	0,0	0,8	6,3	13,2
Innenbereich plus 250m Puffer	16,5	34,5	16,6	34,7	11,3	23,6	3,5	7,2	47,8
2016									
Innenbereich	2,8	60,4	1,7	36,3	0,0	0,0	0,1	3,2	4,6
Innenbereich und Katasterfläche	9,8	74,2	3,2	24,1	0,0	0,0	0,2	1,7	13,2
Innenbereich plus 250m Puffer	18,3	38,3	14,3	29,9	12,1	25,3	3,1	6,5	47,8

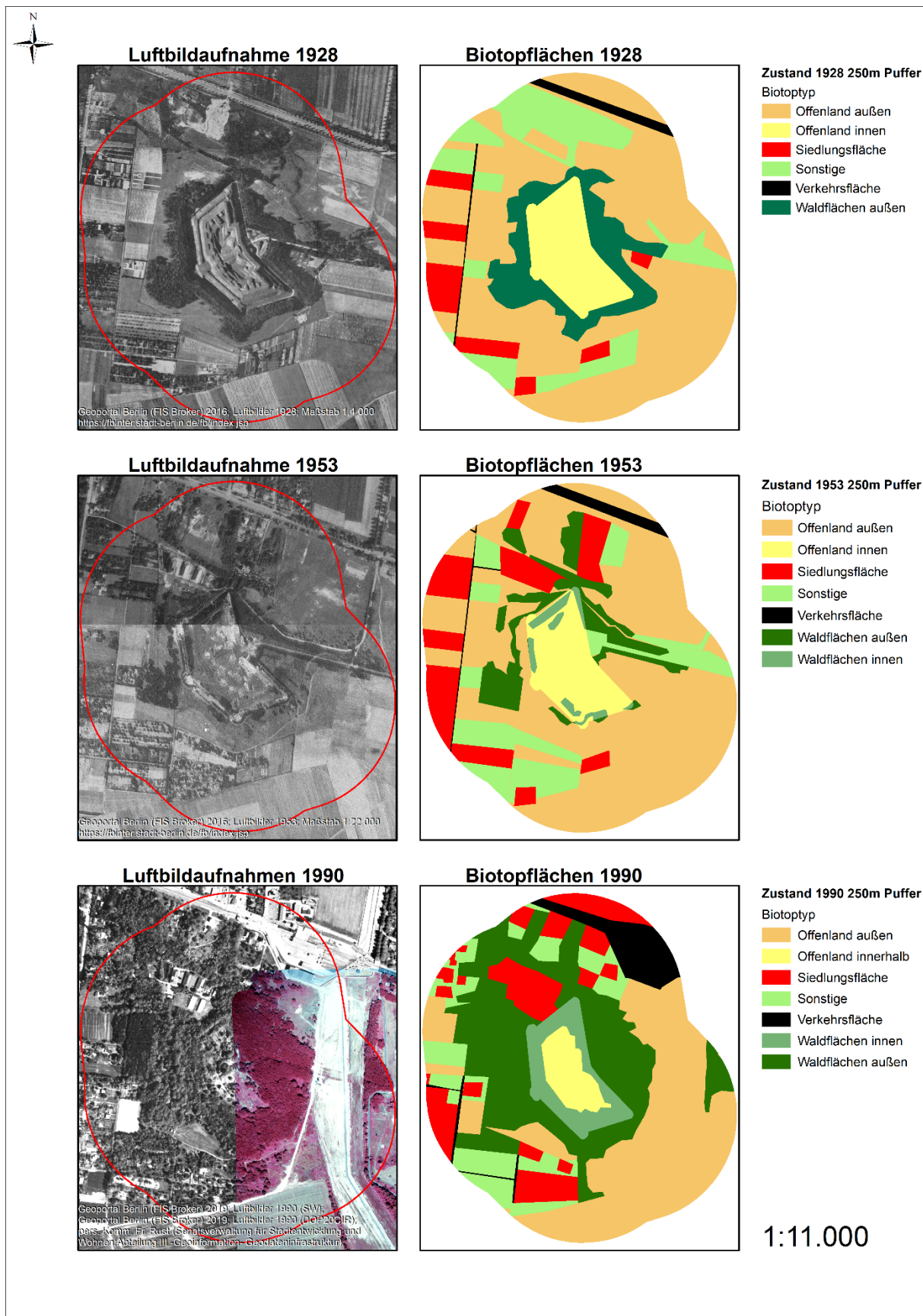


Abbildung D-1: Visualisierungen der Luftbildaufnahmen und Hauptbiototypen im 250m Pufferbereich um den Innenbereich am Standort Fort Hahneberg (D) der Jahre 1928, 1953 und 1990

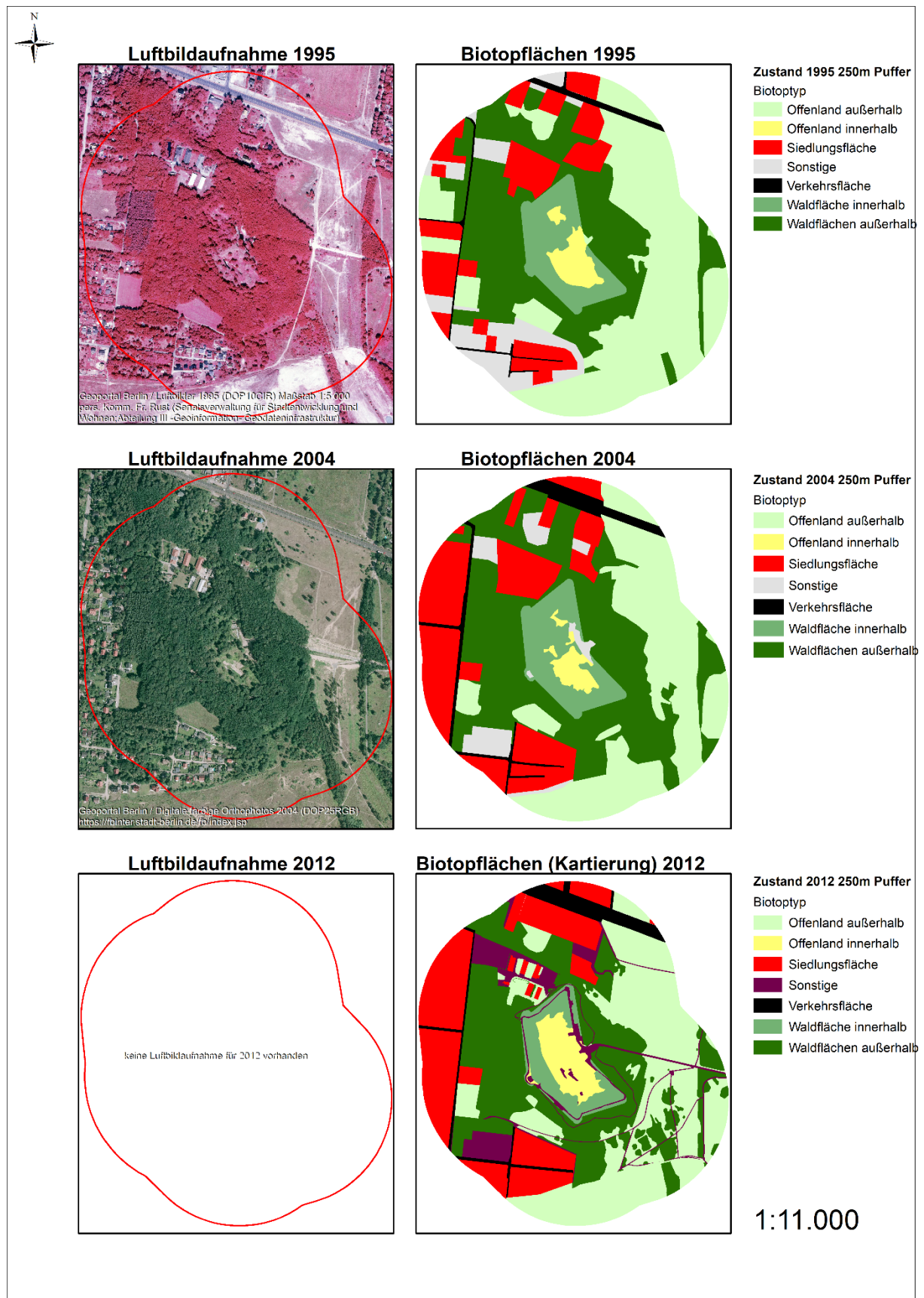


Abbildung D-2: Visualisierungen der Luftbildaufnahmen und Hauptbiototypen im 250m Pufferbereich um den Innenbereich am Standort Fort Hahneberg (D) der Jahre 1995, 2004 und 2012 (kein Luftbild für 2012 vorhanden, nur Darstellung der Ergebnisse der offiziellen Biotopkartierungen von Berlin und Brandenburg)

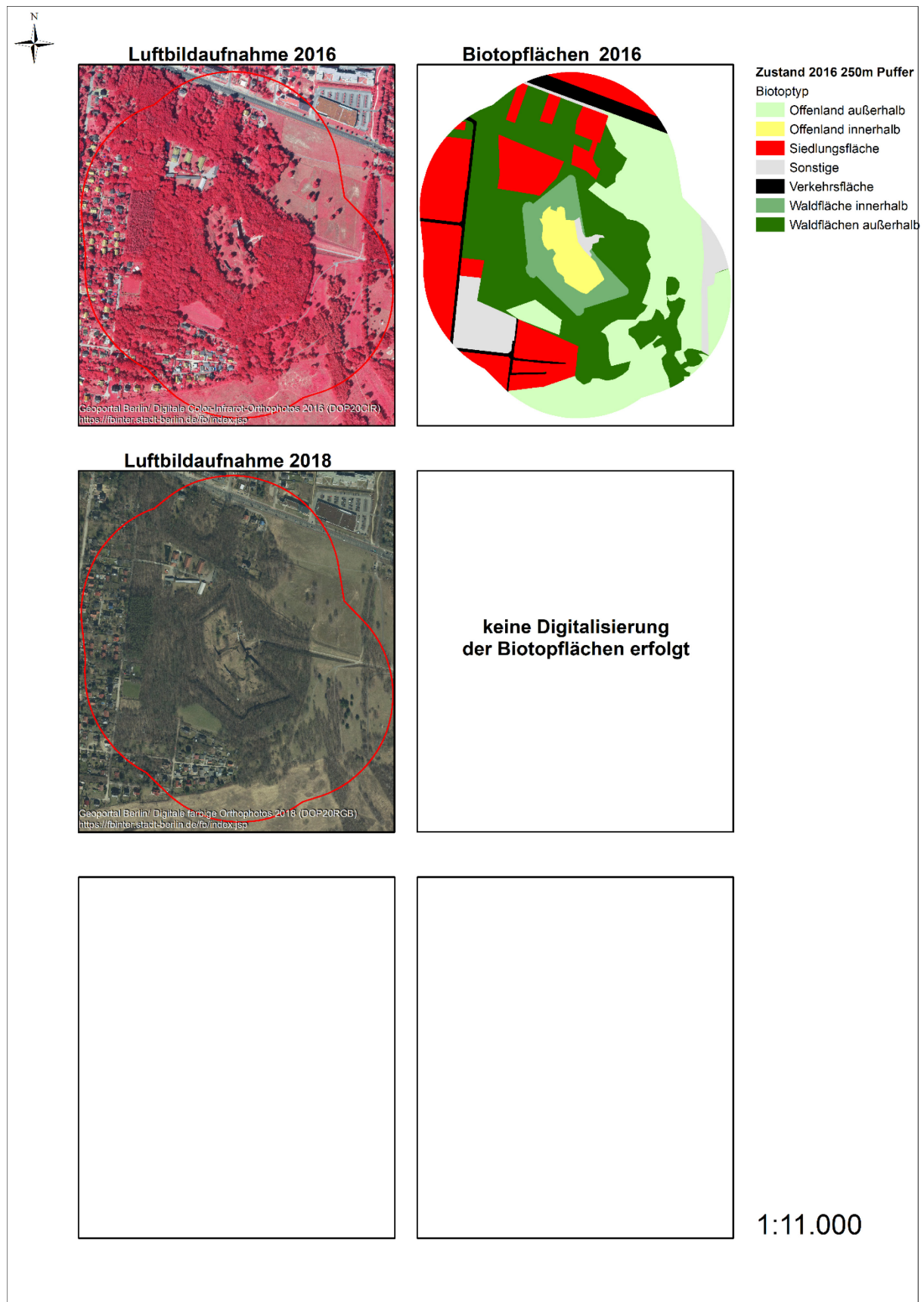


Abbildung D-3: Visualisierungen der Luftbildaufnahmen und Hauptbiotoptypen im 250m Pufferbereich um den Innenbereich am Standort Fort Hahneberg (D) der Jahre 2016 und 2018 (keine Digitalisierung der Luftbildaufnahme erfolgt)

Fort Sarbinowo (PL)

Tabelle D-2: Übersicht der Flächenentwicklung verschiedener Hauptbiotoptypen am Standort Fort Sarbinowo (PL) von 2004 bis 2018

	Waldbiotope		Offenland, Wald- rodungen		Offenland, Wiesen o.ä		Verkehrs- flächen		Gesamtfläche
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha
ca. 1920									
Innenbereich	0,0	0,0	-		5,1	100,0	0,0	0,0	5,1
Innenbereich plus 250m Puffer	20,0	40,7	-		28,6	58,3	0,5	1,0	49,0
Innenbereich plus 500m Puffer	69,5	52,6	-		61,7	46,7	1,0	0,7	132,1
Innenbereich plus 1000m Puffer	241,4	58,1	-		172,3	41,4	2,1	0,5	415,8
2004									
Innenbereich	5,0	99,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	5,1
Innenbereich plus 250m Puffer	36,4	74,3	1,8	3,6	10,4	21,1	0,5	1,0	49,0
Innenbereich plus 500m Puffer	97,0	73,5	7,6	5,8	26,5	20,0	1,0	0,7	132,1
Innenbereich plus 1000m Puffer	325,7	78,3	13,7	3,3	74,2	17,9	2,1	0,5	415,8
2018									
Innenbereich	5,1	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,1
Innenbereich plus 250m Puffer	42,2	86,1	1,3	2,6	5,1	10,3	0,5	1,0	49,0
Innenbereich plus 500m Puffer	118,0	89,3	4,9	3,7	8,2	6,2	1,0	0,7	132,1
Innenbereich plus 1000m Puffer	365,7	88,0	18,4	4,4	29,6	7,1	2,1	0,5	415,8

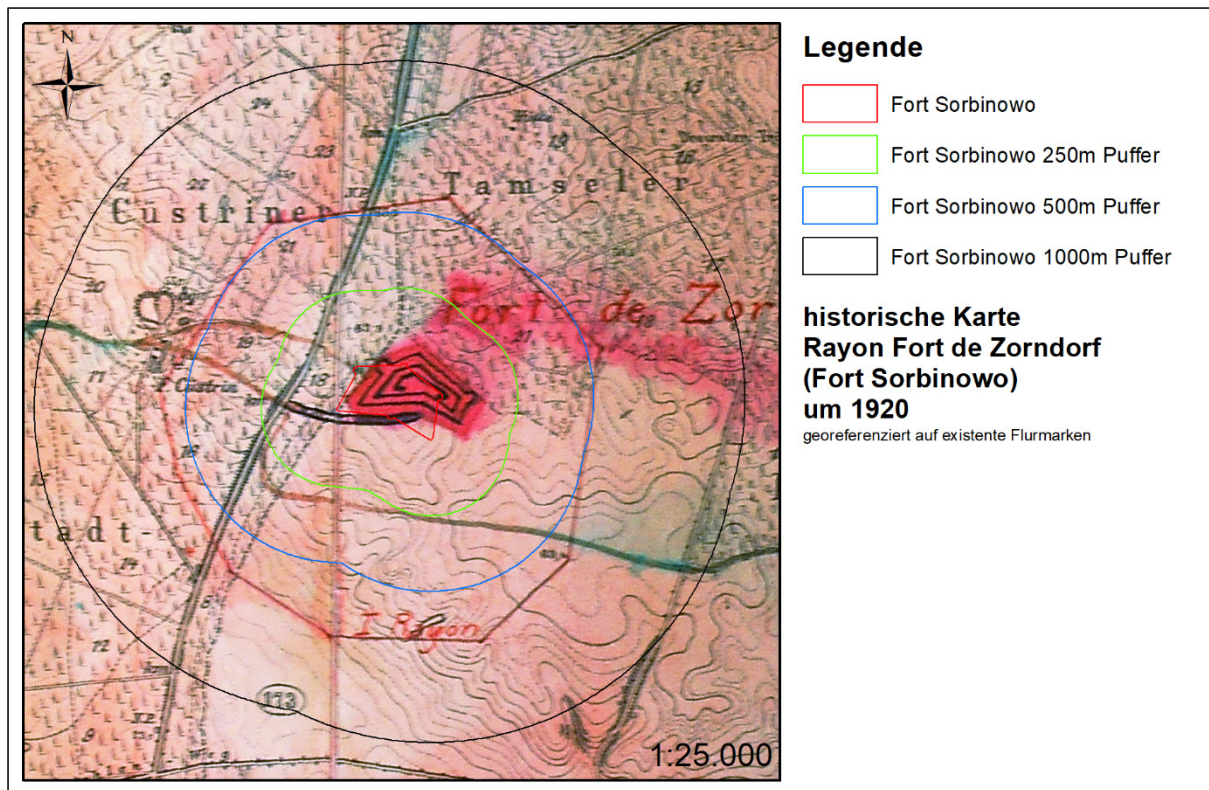


Abbildung D-4: georeferenzierte historische Karte der Umgebung von Fort Sarbinowo (Rayon Fort de Zorndorf), um 1920 (pers. Kommunikation L. Pardela)

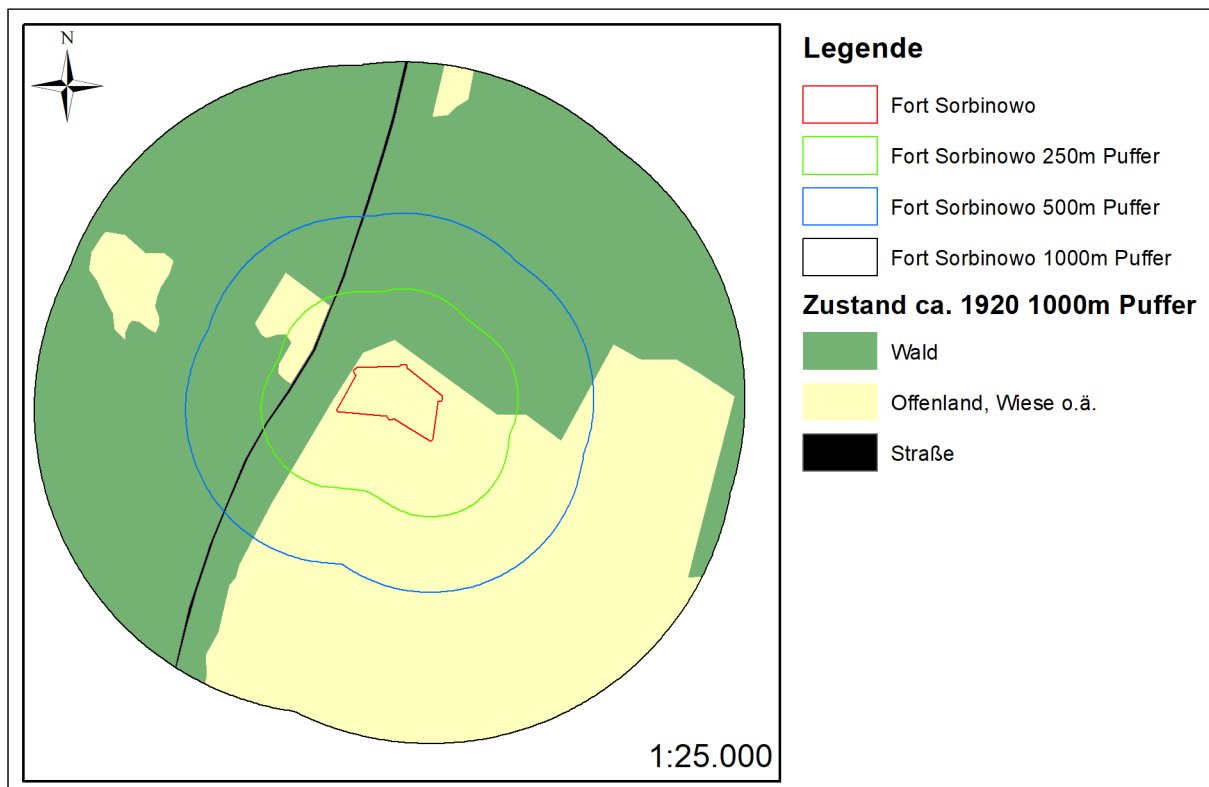


Abbildung D-5: Visualisierung der Hauptbiotoptypen um 1920 nach Auswertung der historischen Karte (vgl. Abbildung D-4 und Tabelle D-2)

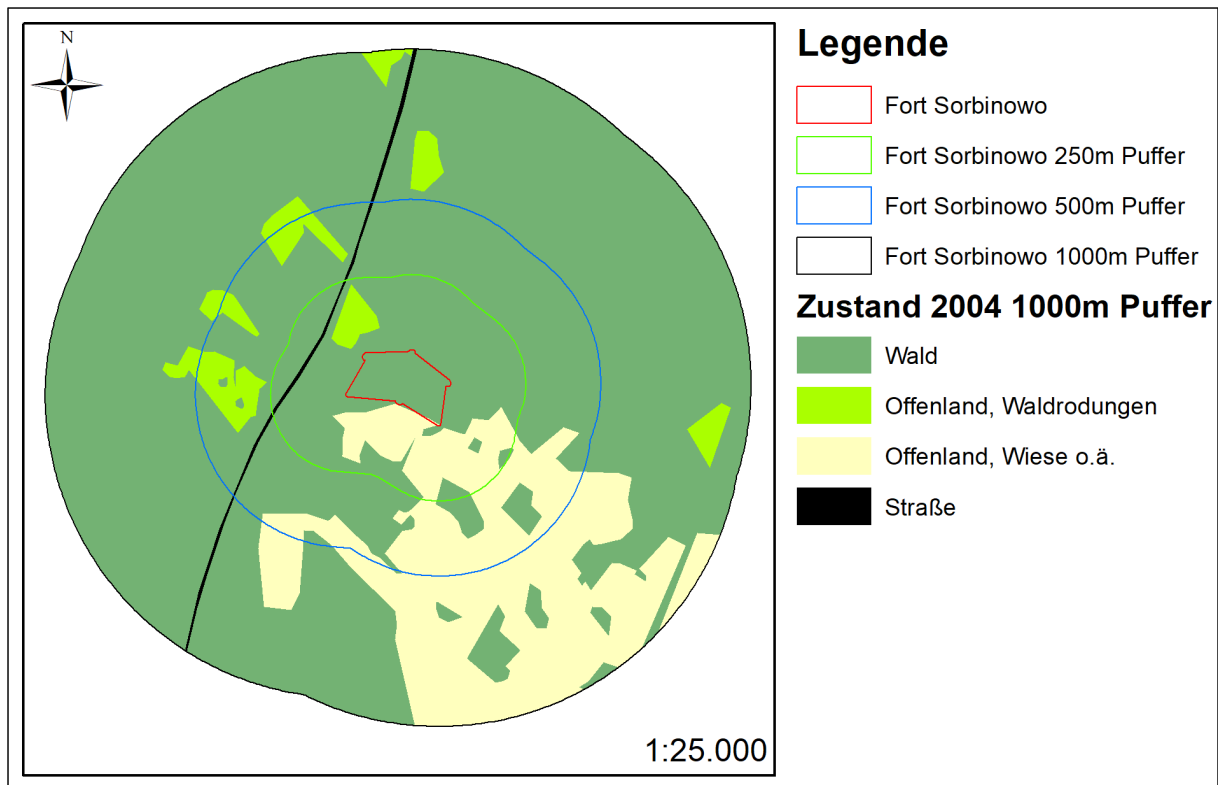


Abbildung D-6: Visualisierung der Hauptbiotoptypen 2004 nach Luftbildauswertungen mittels Google earth (vgl. Tabelle D-2)

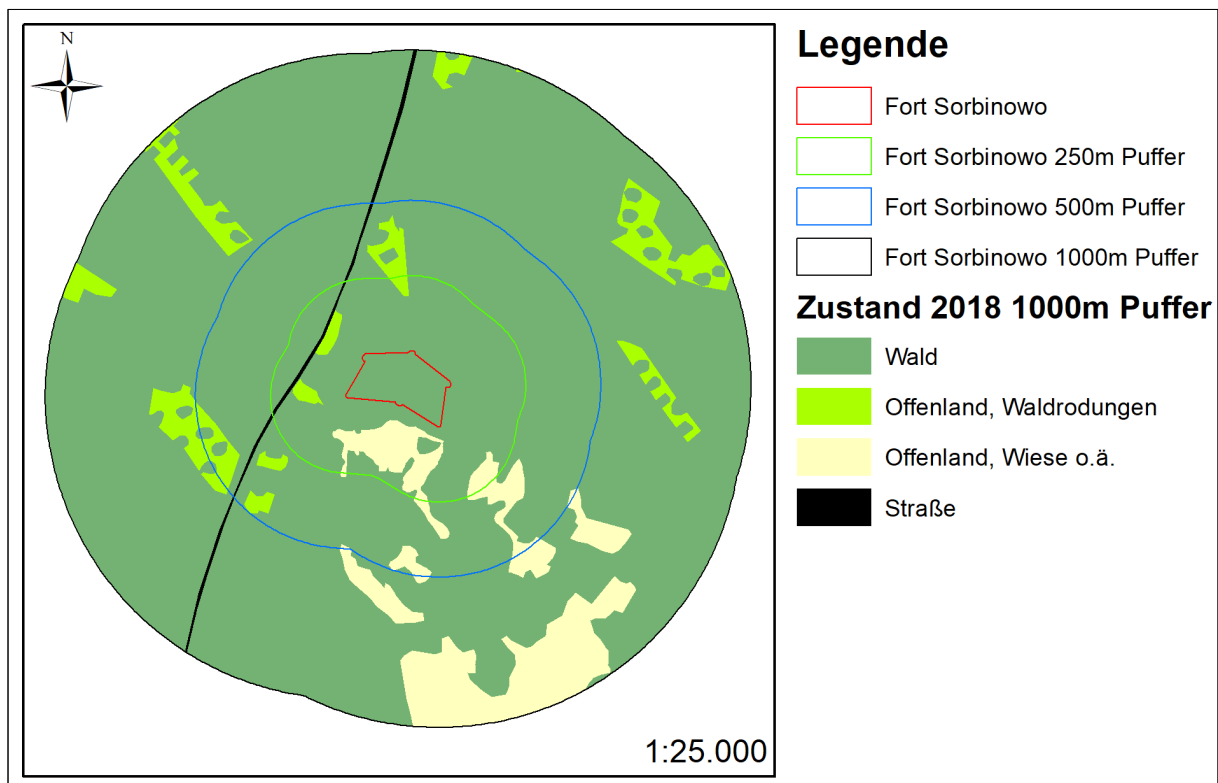


Abbildung D-7: Visualisierung der Hauptbiotoptypen 2018 nach Luftbildauswertungen mittels Google earth (vgl. Tabelle D-2)

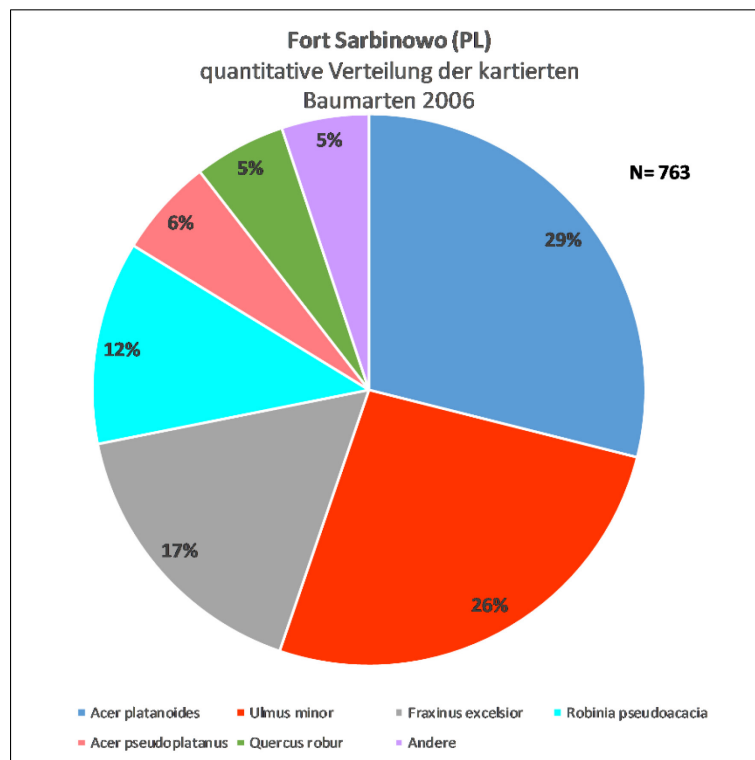


Abbildung D-8: Baumartenzusammensetzung der kartierten Bestände im Fort Sarbinowo (PL) im Jahr 2006 (Datenherkunft L. Pardela, pers. Kommunikation)

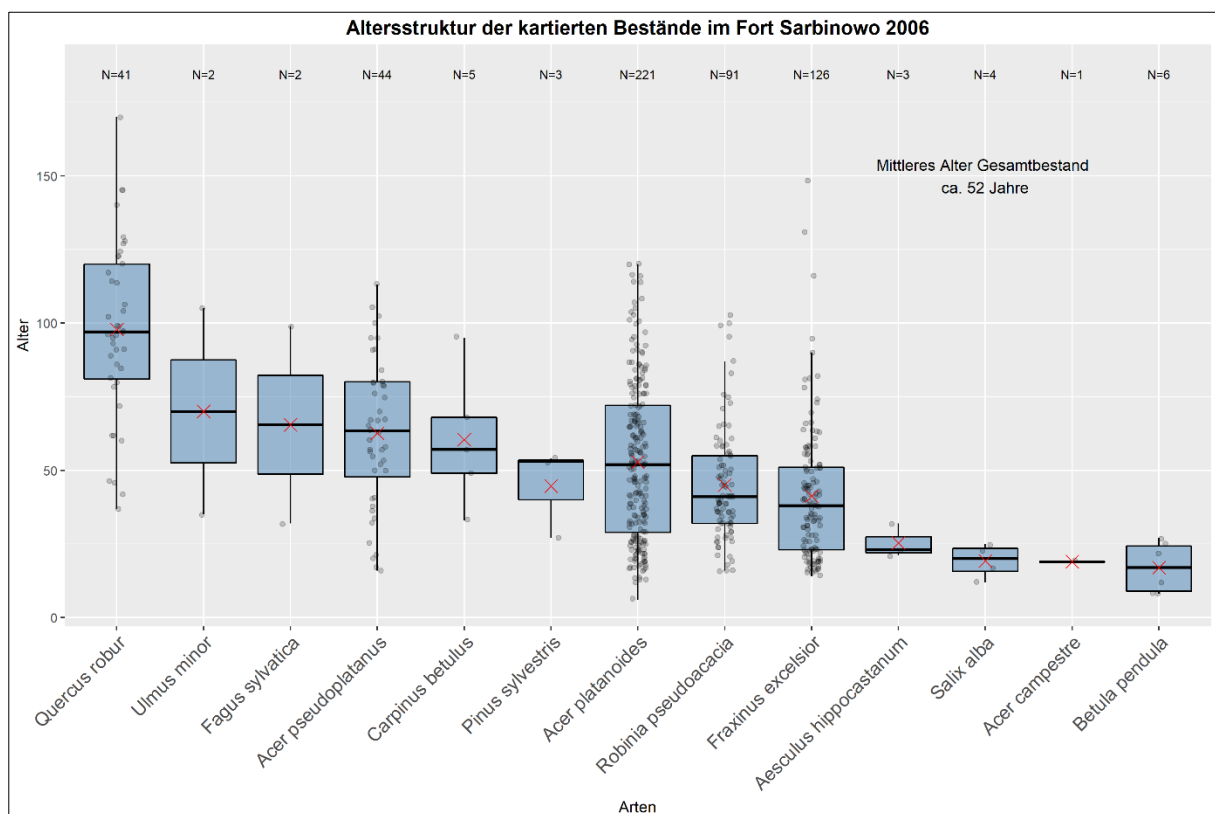


Abbildung D-9: Boxplots der Altersstrukturen der kartierten Baumarten im Fort Sarbinowo (PL) im Jahr 2006 (Datenherkunft L. Pardela, pers. Kommunikation)

Fort IV Kaunas (LT)

Tabelle D-3: Vergleich und Übersicht der Flächenverteilungen verschiedener Hauptbiotoptypen am Standort Fort IV Kaunas (LT) von 1944 und 2014

	Waldbiotope		Offenlandbiotope		Siedlungsflächen		Verkehrsflächen		Wasserflächen		Gesamtfläche
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha
1944											
Innenbereich	0,0	0,0	8,3	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,3
Innenbereich plus 250m Puffer	9,7	16,5	46,1	78,4	0,7	1,2	2,1	3,5	0,2	0,3	58,8
Innenbereich plus 500m Puffer	23,3	76,4	113,5	76,4	5,1	3,4	5,2	3,5	1,4	1,0	148,5
2014											
Innenbereich	0,0	0,0	8,3	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,3
Innenbereich plus 250m Puffer	31,3	53,3	23,5	39,9	2,4	4,1	1,2	2,0	0,4	0,7	58,8
Innenbereich plus 500m Puffer	58,8	39,6	62,2	41,9	20,5	13,8	6,5	4,4	0,5	0,4	148,5
Innenbereich plus 1000m Puffer	112,6	25,3	176,0	39,5	129,3	29,0	16,2	3,6	11,5	2,6	445,6

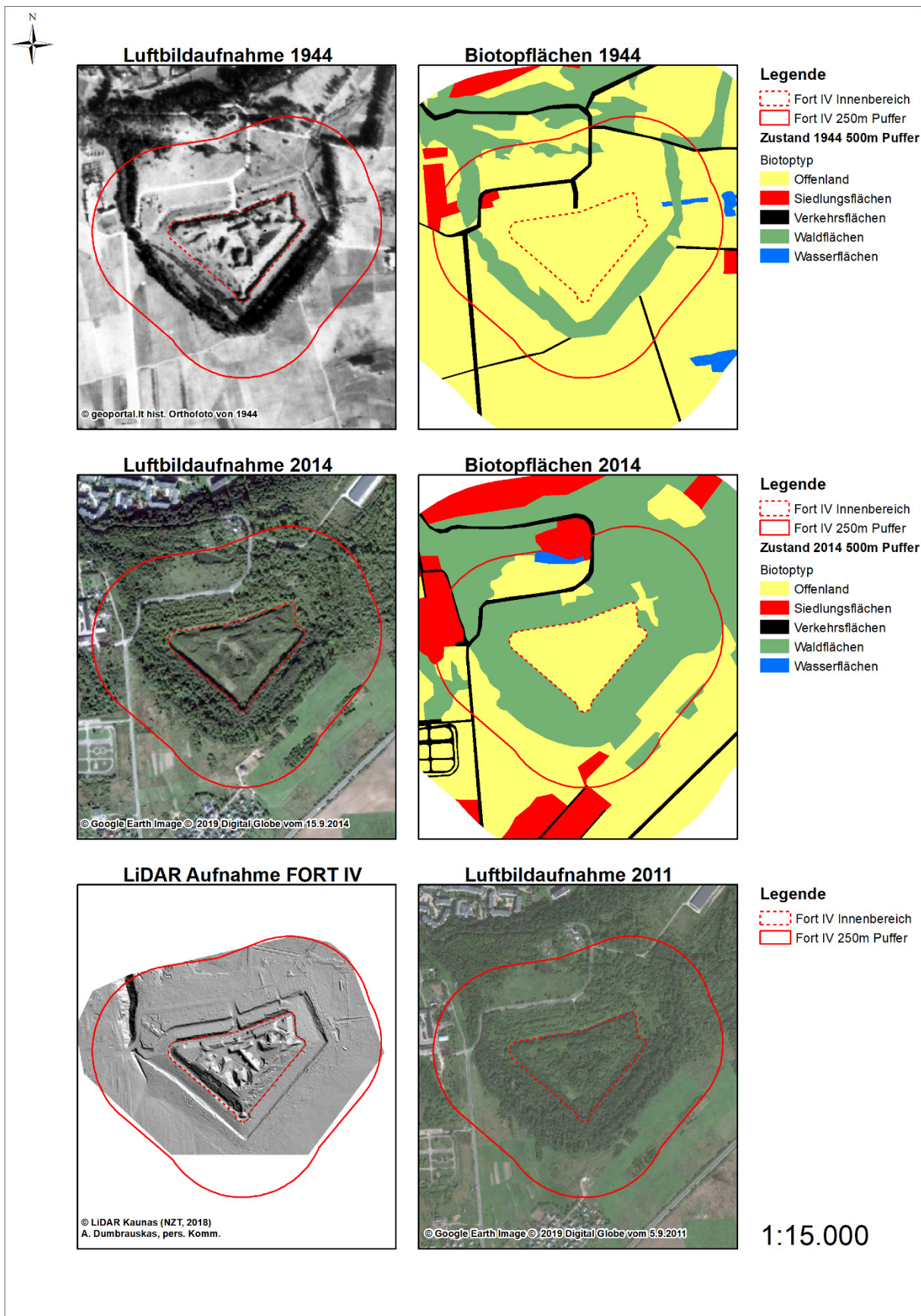


Abbildung D-10: Visualisierungen der Luftbildaufnahmen und Hauptbiotoptypen im 250m Pufferbereich um den Innenbereich am Standort Fort IV Kaunas (LT) der Jahre 1944 und 2014, Luftbildaufnahme von 2011 und LiDAR Aufnahme des Standortes (keine Digitalisierung der Luftbildaufnahme 2011 erfolgt)

Fort V Kaunas (LT)

Tabelle D-4: Vergleich und Übersicht der Flächenverteilungen verschiedener Hauptbiotoptypen am Standort Fort V Kaunas (LT) von 1944 und 2014

	Waldbiotope		Offenlandbiotope		Siedlungsflächen		Verkehrsflächen		Wasserflächen		Gesamtfläche
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha
1944											
Innenbereich	0,9	11,8	6,5	88,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,4
Innenbereich plus 250m Puffer	12,5	21,2	40,5	68,6	1,1	1,9	3,7	6,3	1,2	2,1	59,1
Innenbereich plus 500m Puffer	25,6	17,2	99,1	66,5	4,0	2,7	5,5	3,7	14,8	9,9	148,9
2014											
Innenbereich	6,5	87,5	0,9	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,4
Innenbereich plus 250m Puffer	30,4	51,5	6,7	11,3	15,1	25,6	2,6	4,4	4,2	7,2	59,1
Innenbereich plus 500m Puffer	54,7	36,8	25,7	17,3	33,3	22,3	5,9	4,0	29,3	19,7	148,9
Innenbereich plus 1000m Puffer	92,3	20,7	91,8	20,6	110,3	24,7	14,9	3,3	136,5	30,6	445,8

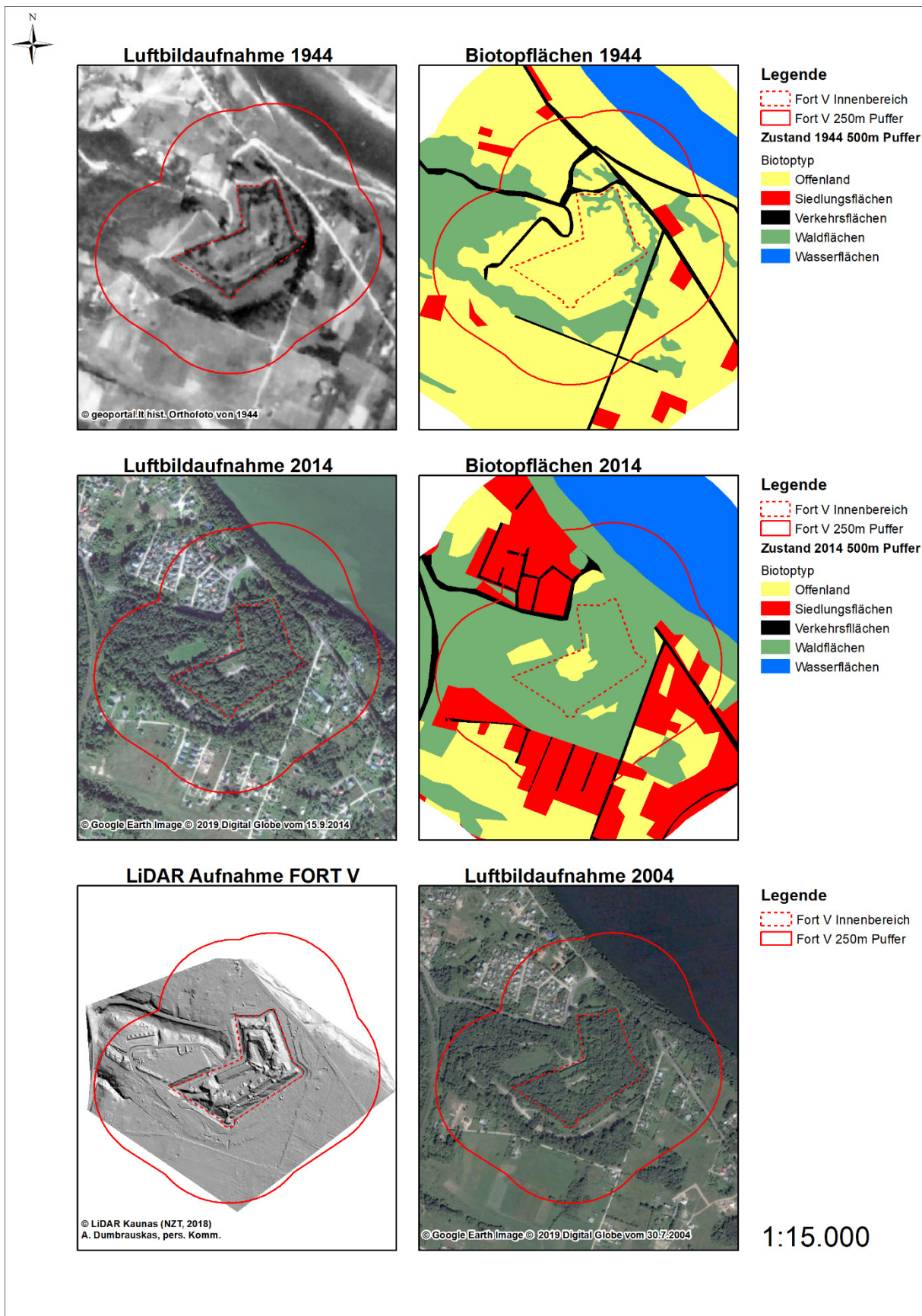


Abbildung D-11: Visualisierungen der Luftbildaufnahmen und Hauptbiotoptypen im 250m Pufferbereich um den Innenbereich am Standort Fort V Kaunas (LT) der Jahre 1944 und 2014, Luftbildaufnahme von 2004 des Standortes und LiDAR Aufnahme (keine Digitalisierung der Luftbildaufnahme 2004 erfolgt)

Tabelle D-5: Entwicklung der prozentualen Flächenanteile der CORINE Klasse 112 (Nicht durchgängig städtische Prägung) im Pufferbereich von 1000m um ausgewählte Kaunas Forts südlich des Nemunas zwischen 1995 und 2018

Jahr	Fort I	Fort II	Fort III	Fort IV	Fort V	Marva Fort
	[%] Flächenanteil im 1000m Puffer um das Fort					
1995	11,6	72,4	20,4	24,5	11,9	11,2
2000	11,6	72,4	20,4	24,7	11,9	11,2
2012	15,6	82,1	33,6	25,9	18,6	25,1
2018	24,0	82,1	35,6	25,9	18,6	33,5

Tabelle D-6: Entwicklung verschiedener CORINE Hauptgruppen der ersten Ebene im Pufferbereich von 1000m um ausgewählte Kaunas Forts südlich des Nemunas zwischen 1995 und 2018

	CLC Gruppen der Ebene 1				
Fort I	1	2	3	4	5
	[%] Flächenanteil im 1000m Puffer um das Fort				
1995	30,4	54,5	15,1		
2000	30,4	54,4	15,1		
2012	41,3	42,7	16,0		
2018	41,3	42,7	16,0		
Fort III					
1995	96,8	3,2			
2000	96,8	3,2			
2012	97,8	2,2			
2018	97,8	2,2			
Fort III					
1995	20,4	78,8	0,8		
2000	20,4	78,8	0,8		
2012	36,4	63,6	0,0		
2018	36,4	63,6	0,0		
Fort IV					
1995	29,6	45,8	23,3		1,3
2000	29,8	45,8	23,1		1,3
2012	42,0	34,9	21,7		1,3
2018	42,0	34,9	21,7		1,3
Fort V					
1995	22,7	44,5	1,1		31,7
2000	22,7	44,4	1,1		31,7
2012	35,8	32,2	0,3		31,7
2018	35,8	32,2	0,3		31,7
Marva Fort					
1995	25,1	61,0	11,3		2,6
2000	25,1	61,0	11,3		2,6
2012	44,4	41,8	11,2		2,6
2018	52,8	33,4	11,2		2,6

Anhang E Abbildungen und Zusammenstellungen Satellitendatenauswertungen

Fort Hahneberg (D)

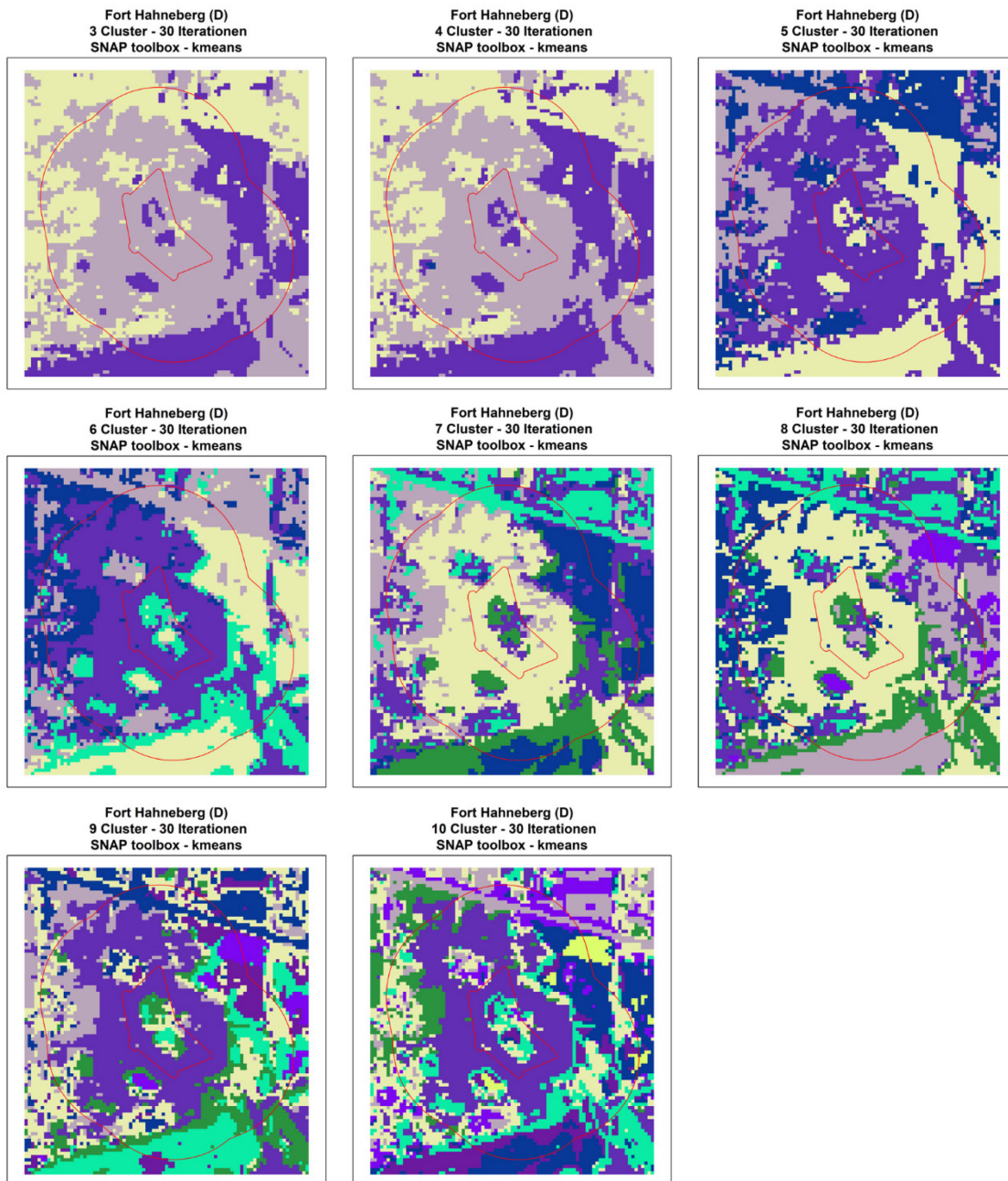


Abbildung E-1: Visualisierungen der Ergebnisse der *k*-means Clusterung in der SNAP toolbox am Standort Fort Hahneberg (D) für den Pufferbereich 250m um den Innenbereich

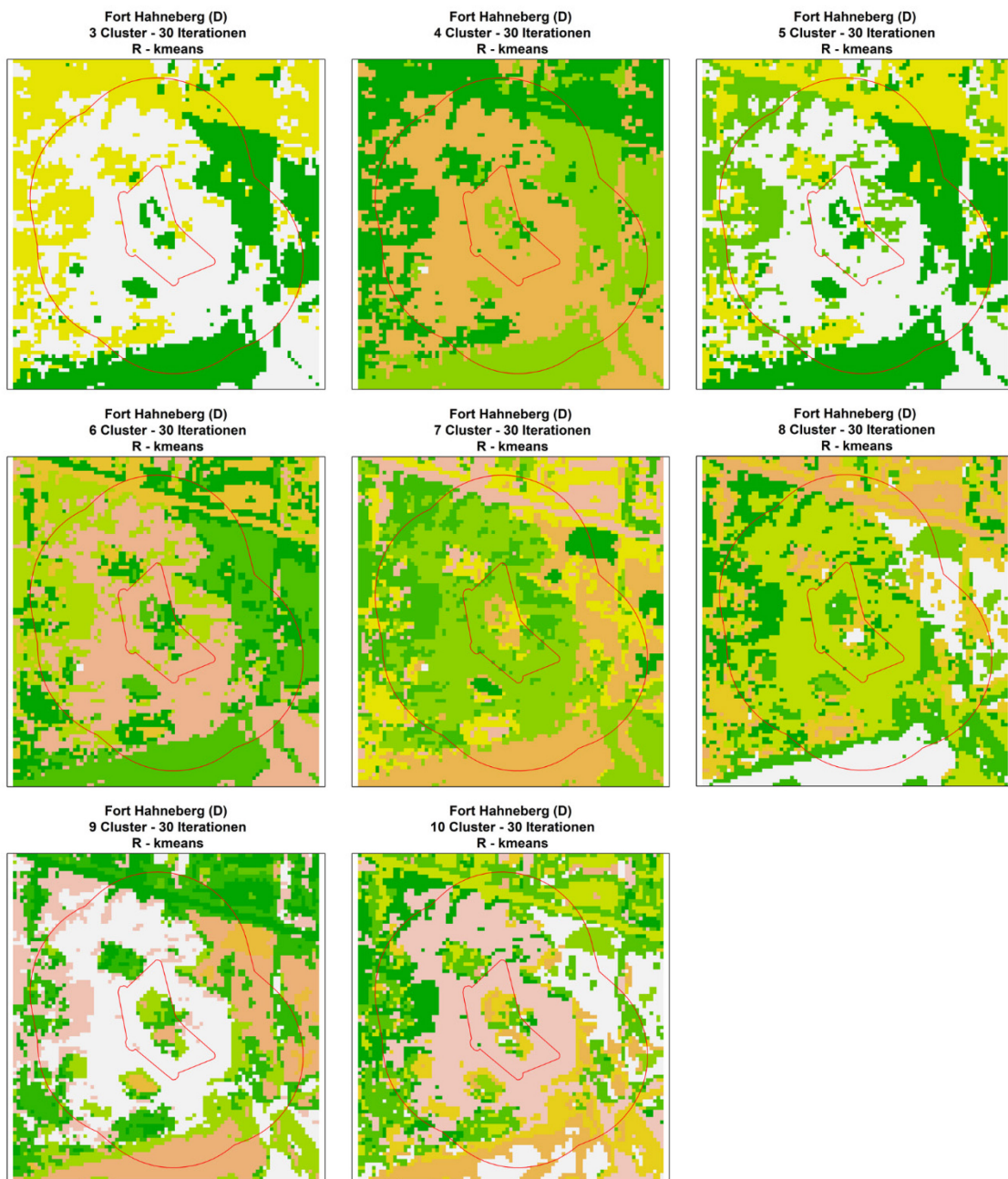


Abbildung E-2: Visualisierungen der Ergebnisse der *k*-means Clusterung in R x64 3.3.3 am Standort Fort Hahneberg (D) für den Pufferbereich 250m um den Innenbereich

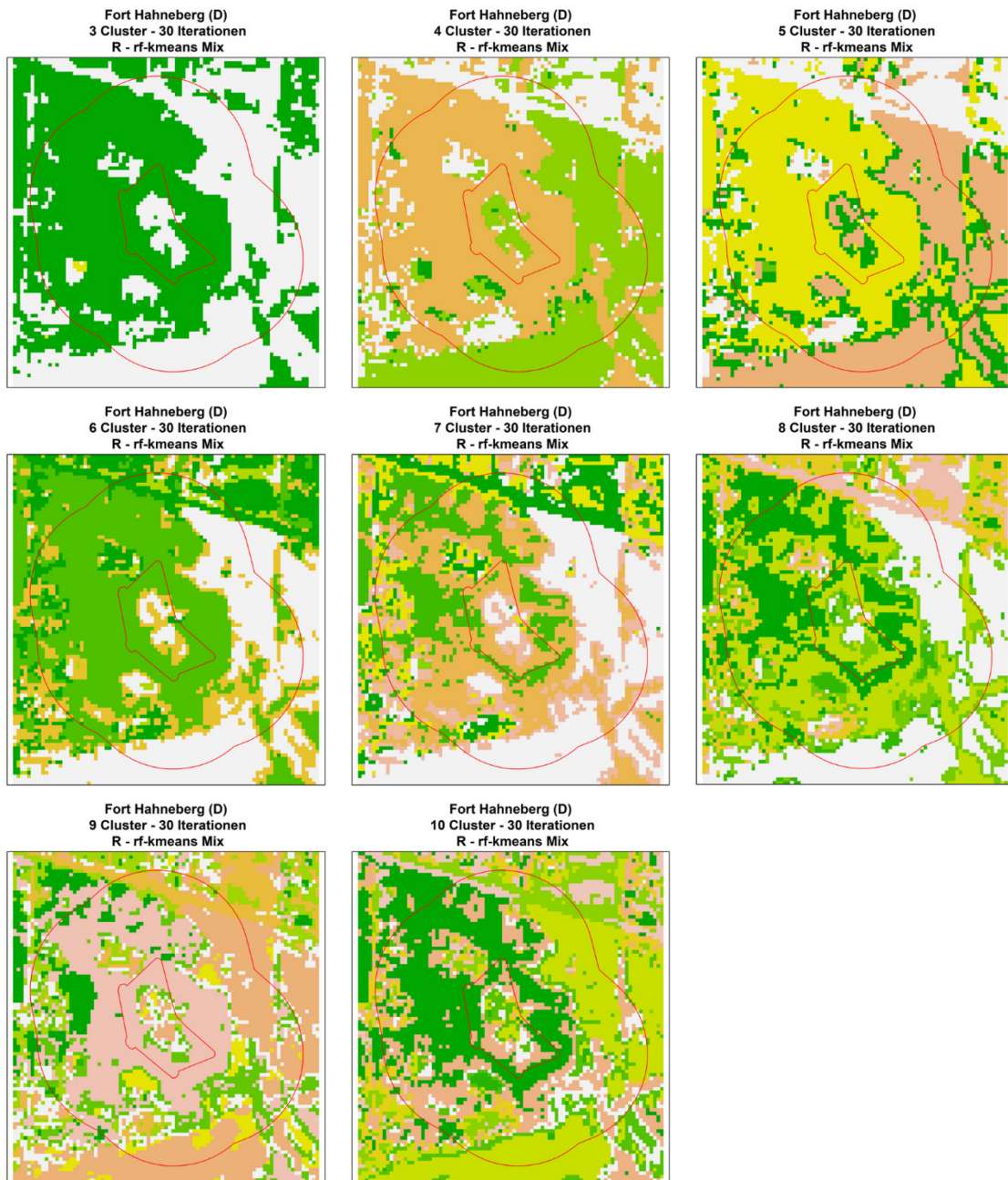


Abbildung E-3: Visualisierungen der Ergebnisse der random forest – k-means Mix-Clustering in R x64 3.3.3 am Standort Fort Hahneberg (D) für den Pufferbereich 250m um den Innenbereich

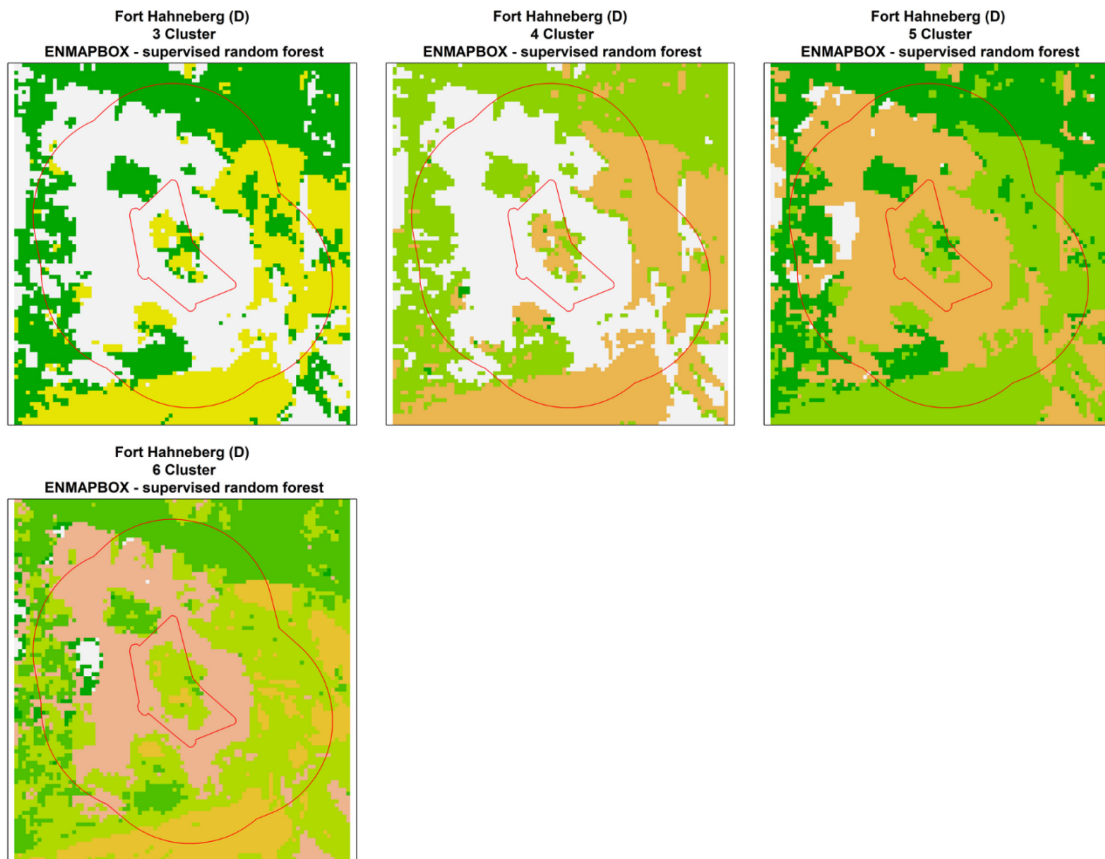


Abbildung E-4: Visualisierungen der Ergebnisse der supervised random forest Clustering in der ENMAP-box 2.2.1 am Standort Fort Hahneberg (D) für den Pufferbereich 250m um den Innenbereich

Tabelle E-1: Flächenanteile von Clustern zugeordnet zu Hauptbiotoptypen im gesamten Pufferbereich Fort Hahneberg (D) (Innenbereich plus 250m Puffer) nach der k-means Clusterung in der SNAP toolbox, sortiert in Abhängigkeit von vorgegebener Clusteranzahl

Hauptbiotoptypen	SNAP toolbox — k-means Ergebnisse							
	3	4	5	6	7	8	9	10
	Cluster	Cluster	Cluster	Cluster	Cluster	Cluster	Cluster	Cluster
	[ha]							
Wald	27,92	26,89	25,28	23,28	19,7	20,58	7,86	7,62
					8,53	6,9	19,06	17,65
Nadelwald o.ä.			6,61	4,36	6,03	4,77	4,21	2,76
Offenland	10,23	11,47	10,69	7,76	5,15	6,21	5,01	4,92
				7,21	5,85	6,01	5,49	6,16
						1,15	1,1	3,29
							2,73	0,76
Siedlungs- & Verkehrsflächen	9,69	9,43	5,22	5,23	2,58	2,22	2,38	2,06
Sonstige		0,05	0,04					2,62
unklar								
Anzahl von Clustern im Pufferbereich	3	4	5	5	6	7	8	9
Fächensumme [ha]	47,84	47,84	47,84	47,84	47,84	47,84	47,84	47,84

Tabelle E-2: Flächenanteile von Clustern zugeordnet zu Hauptbiotoptypen im gesamten Pufferbereich Fort Hahneberg (D) (Innenbereich plus 250m Puffer) nach der k-means Clusterung in Rx64 3.3.3, sortiert in Abhängigkeit von vorgegebener Clusteranzahl

Hauptbiotoptypen	Rx64 3.3.3 – k-means Ergebnisse							
	3	4	5	6	7	8	9	10
	Cluster	Cluster	Cluster	Cluster	Cluster	Cluster	Cluster	Cluster
	[ha]							
Wald	27,91	26,89	24,76	20,43	20,91	20,67	19,94	19,41
				6,63	6,85	7,08	7,73	7,07
Nadelwald o.ä.			7,28	8,98	8,18	5,27	4,82	4,12
Offenland	10,24	11,47	10,74	9,35	8,43	5,68	6,46	5,15
					1,06	1,17	0,91	3,25
						5,74	5,47	0,83
								5,7
Siedlungs- & Verkehrsflächen	9,69	9,43	5,02	2,41	2,37	2,23	2,35	2,16
Sonstige		0,05	0,04	0,04	0,04		0,16	0,15
unklar								
Anzahl von Clustern im Pufferbereich	3	4	5	6	7	7	8	9
Fächensumme [ha]	47,84	47,84	47,84	47,84	47,84	47,84	47,84	47,84

Tabelle E-3: Flächenanteile von Clustern zugeordnet zu Hauptbiotoptypen im gesamten Pufferbereich Fort Hahneberg (D) (Innenbereich plus 250m Puffer) nach der random forest - k-means Mix Clusterung in Rx64 3.3.3, sortiert in Abhängigkeit von vorgegebener Clusteranzahl

	Rx64 3.3.3 – random forest - k-means Mix Ergebnisse							
Hauptbiotoptypen	3	4	5	6	7	8	9	10
	Cluster	Cluster	Cluster	Cluster	Cluster	Cluster	Cluster	Cluster
	[ha]							
Wald	29,24	27,27	25,09	23,57	15,24	14,54	18,58	10,65
			7,43	8,08	7	6,27	5,9	2,4
							4,82	3,53
Nadelwald o.ä.					8,35	11,12	2,78	14,9
Offenland	18,5	14,02	11,32	11,29	11,65	9,35	8,58	8,52
						1,86	2,43	3,59
								0,43
Siedlungs- & Verkehrsflächen		5,46	3,9	3,95	2,63	1,79	1,97	1,33
						2,89	2,74	2,47
Sonstige	0,1	1,09	0,1	0,95	2,87	0,02	0,04	0,02
					0,1			
unklar								
Anzahl	3	4	5	5	7	8	9	10
Fächensumme [ha]	47,84	47,84	47,84	47,84	47,84	47,84	47,84	47,84

Tabelle E-4: Flächenanteile von Clustern zugeordnet zu Hauptbiotoptypen im gesamten Pufferbereich Fort Hahneberg (D) (Innenbereich plus 250m Puffer) nach der supervised random forest Clusterung in der ENMAP-box 2.2.1, sortiert in Abhängigkeit von vorgegebener Clusteranzahl

	ENMAP box 2.2.1 – supervised random forest Ergebnisse							
Hauptbiotoptypen	3	4	5	6				
	Cluster	Cluster	Cluster	Cluster				
	[ha]							
Wald	26,32	23,97	25,47	17,89				
Nadelwald o.ä.			1,07	0,49				
Offenland	11,01	12,97	13,09	4,8				
				17,83				
Siedlungs- & Verkehrsflächen	10,51	10,75	8,21	6,33				
Sonstige		0,15		0,5				
unklar								
Anzahl	3	4	4	6				
Fächensumme [ha]	47,84	47,84	47,84	47,84				

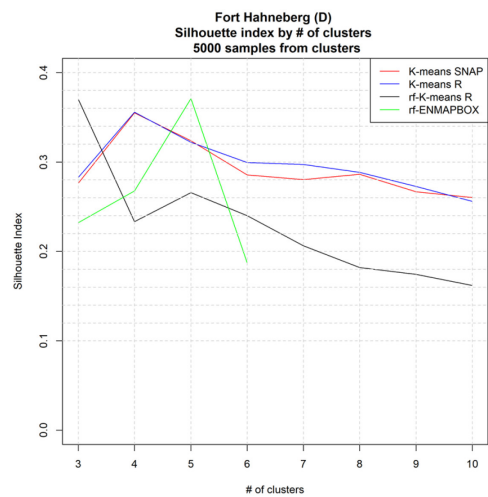
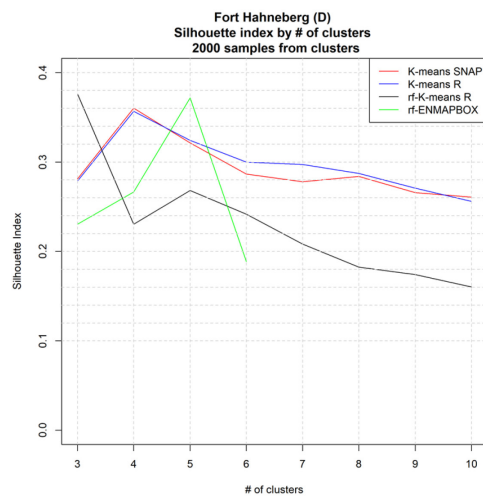
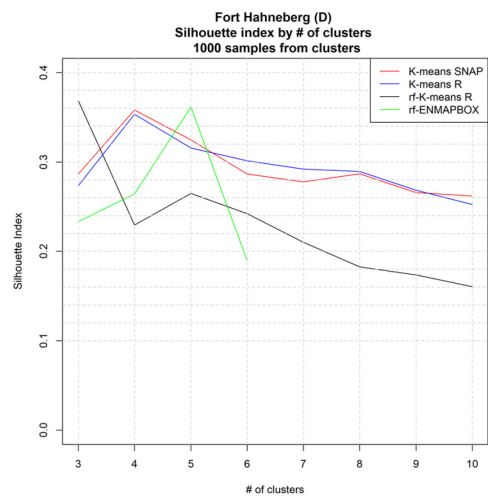
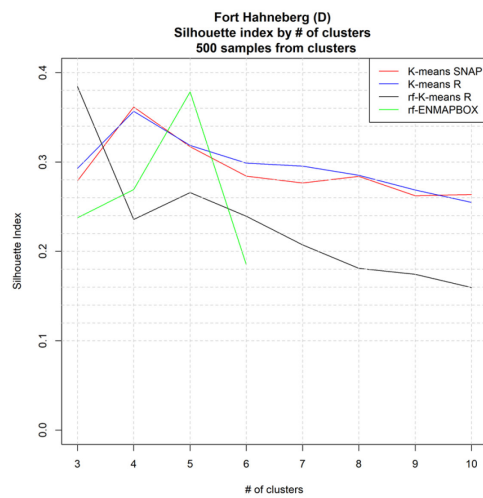
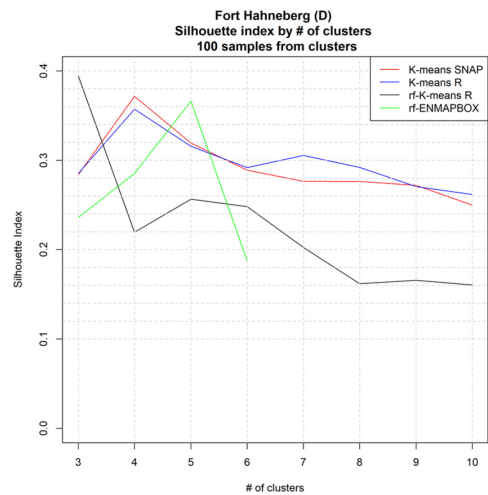
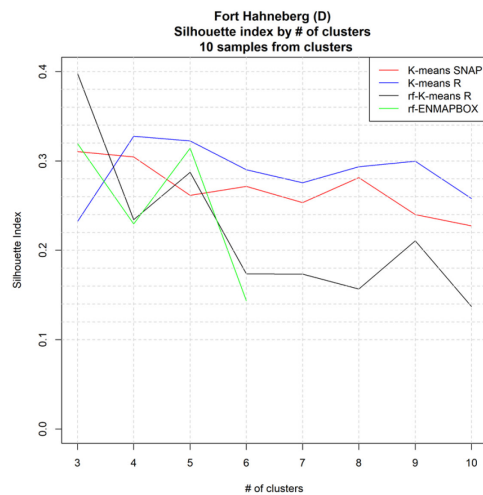


Abbildung E-5: Visualisierungen und Zusammenstellungen der Ergebnisse der ex-post Bewertung der verschiedenen Klassifizierungsalgorithmen am Standort Fort Hahneberg (D) mittels des Silhouette Indexes für die in Tabelle B-11 beschriebene Ausdehnung

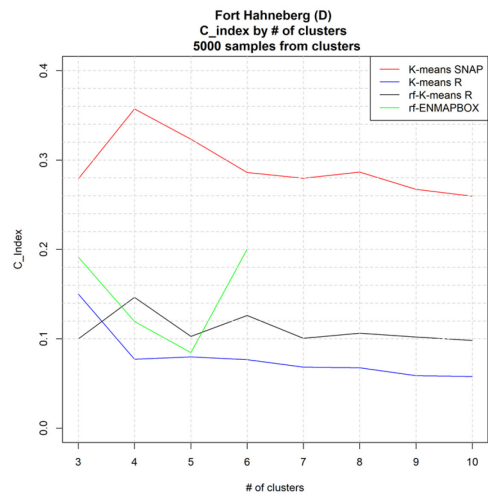
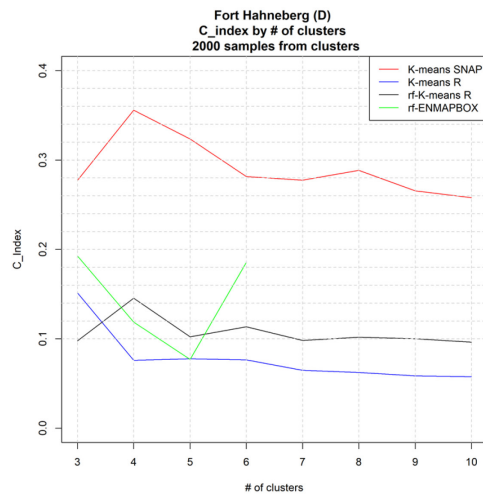
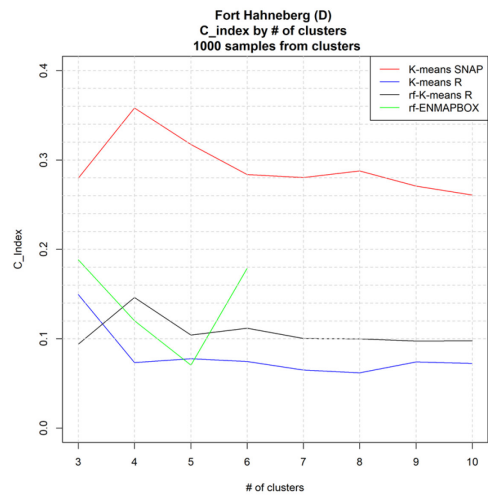
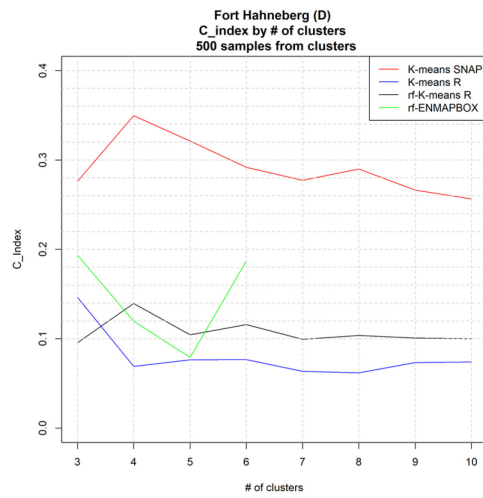
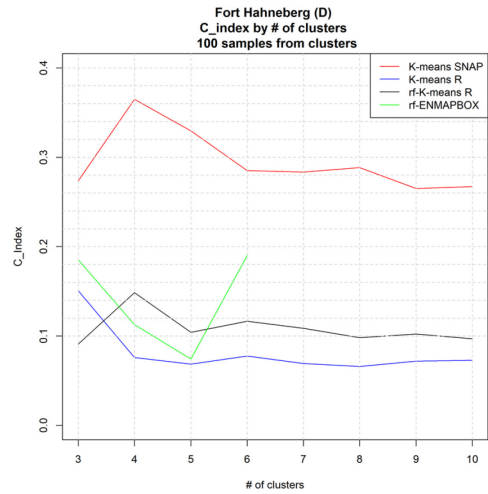
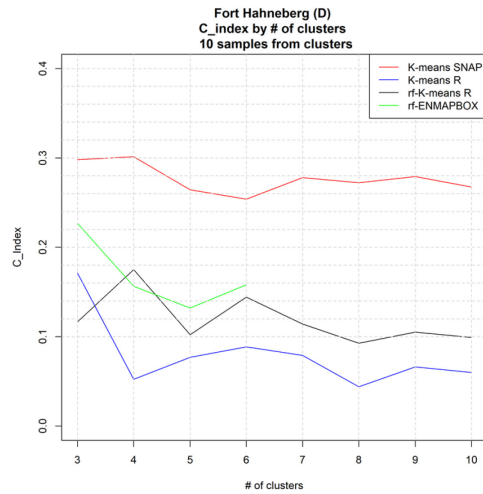


Abbildung E-6: Visualisierungen und Zusammenstellungen der Ergebnisse der ex-post Bewertung der verschiedenen Klassifizierungsalgorithmen am Standort Hahneberg (D) mittels des C_Indexes für die in Tabelle B-11 beschriebene Ausdehnung

Tabelle E-5: Darstellung der Indexauswertungen von 2000 samples der k-means Clusterung mittels Rx64 3.3.3 mittels der „all“ Option der clusterCrit Bibliothek in Rx64 3.3.3 für den Standort Fort Hahneberg (D) (Ausdehnung nach Tabelle B-11)

N Cluster	Ball-Hall	Banfeld-Raftery	C-index	Calinski-Harabasz	Davies-Bouldin	Det-Ratio	Dunn	Gamma	G plus
2	0,0997771	-9307,833	0,17109358	2677,80048	1,13721952	NA	0,03878924	0,63502032	0,09124494
3	0,07792172	-15746,653	0,15263661	3199,78688	1,20042228	NA	0,01166356	0,65514982	0,07662061
4	0,05887009	-22910,590	0,07481817	6518,99202	0,91949136	NA	0,0089829	0,8389554	0,03018832
5	0,05051595	-30171,181	0,07690222	7382,74916	1,02765085	NA	0,02073057	0,82357991	0,02821875
6	0,04575745	-37490,739	0,07574011	7562,4741	1,10217637	NA	0,01714641	0,81869662	0,02517263
7	0,04331841	-44542,783	0,06506977	8166,16722	1,19391913	NA	0,00809752	0,85814345	0,01736398
8	0,04081698	-52045,935	0,06346981	8322,09096	1,12885472	NA	0,00697082	0,86402595	0,01486658
9	0,04840467	-55467,134	0,05941554	7742,65486	0,90711852	NA	0,0077827	0,87580526	0,01255088
10	0,04552244	-62917,821	0,05768655	8105,33031	1,00614908	NA	0,01777221	0,88296556	0,01078962
Auswertungsregel	max diff	min	min	max	min	min diff	max	max	min

N Cluster	GDI11	Ksq-DetW	Log Det-Ratio	Log SS-Ratio	McClain-Rao	PBM	Point Biserial	Ray-Turi	Ratkowsky-Lance
2	0,038789236	0	NA	-0,40079849	0,63019783	0,11300224	-0,12068204	0,3732541	NA
3	0,011663559	0	NA	0,06497204	0,59748785	0,09221049	-0,11382271	0,58647023	NA
4	0,008982898	0	NA	0,89439064	0,46362371	0,18334438	-0,15621032	0,42624069	NA
5	0,020730568	0	NA	1,08335548	0,44861655	0,13951271	-0,14280992	0,60138176	NA
6	0,01714641	0	NA	1,14822979	0,44792765	0,11313141	-0,1271322	0,52008724	NA
7	0,008097523	0	NA	1,25320194	0,42800954	0,10341609	-0,12462427	0,49631998	NA
8	0,006970817	0	NA	1,29273509	0,42629982	0,08128025	-0,11557143	0,47564771	NA
9	0,007782696	0	NA	1,29291401	0,41496637	0,06314506	-0,1155738	0,50612097	NA
10	0,017772211	0	NA	1,34878724	0,4110831	0,05355738	-0,1091701	0,69805583	NA
Auswertungsregel	max	max diff	min diff	min diff	min	max	max	min	max

N Cluster	Scott-Symons	SD Scat	SD Dis	S Dbw	Silhouette	Tau	Trace W	Trace WiB	Wemmert-Gancarski
2	-Inf	0,62668759	3,86827067	0,84890982	0,35368907	0,44902718	399,108389	0	0,4857977
3	-Inf	0,47439915	5,36627858	NA	0,277199	0,43673014	467,530342	0	0,41982139
4	-Inf	0,28088682	5,50203976	NA	0,35657364	0,51368892	470,960717	0	0,47911608
5	-Inf	0,25129475	7,03912493	NA	0,3253497	0,4658172	505,159456	0	0,44864405
6	-Inf	0,23504977	7,48722868	NA	0,29873946	0,43141906	549,089363	0	0,42097673
7	-Inf	0,21225394	7,40258297	NA	0,29739373	0,42459501	606,457713	0	0,41829861
8	-Inf	0,21165957	7,48892222	NA	0,28834575	0,4040354	653,071754	0	0,40959625
9	-Inf	0,24470812	7,07844127	NA	0,270971	0,39373862	728,828957	0	0,40781759
10	-Inf	0,23716526	8,70306935	NA	0,25598643	0,37914465	755,657324	0	0,39083648
Auswertungsregel	min	min	???	min	max	max	max diff	max diff	max

N Cluster	Xie Beni								
2	36,551577								
3	52,8772422								
4	67,4892793								
5	53,9369329								
6	54,1235085								
7	65,2303976								
8	83,1863438								
9	70,0550891								
10	38,804455								
Auswertungsregel	min								

Tabelle E-6: Genauigkeitsauswertungen für die Klassifikationen der random-forest Clusterung am Standort Fort Hahneberg (D) in der ENMAP-box 2.2.1 Software-Umgebung

Cluster	Map class	User's accuracy [%]				Producer's accuracy [%]			
		estimate	Standard Error	95% Interval		Estimate	Standard Error	95% Interval	
3	Wald	95,24	1,97	91,38	99,10	100,00	0,00	100,00	100,00
	Offenland	94,44	2,12	90,29	98,60	85,00	4,94	75,33	94,67
	Sonstige	87,18	3,09	81,12	93,24	91,89	4,23	83,60	100,18
4	Wald	100,00	0,00	100,00	100,00	100,00	0,00	100,00	100,00
	Offenland	95,24	1,78	91,75	98,73	100,00	0,00	100,00	100,00
	Sonstige	100,00	0,00	100,00	100,00	95,00	3,28	88,58	101,42
	Felder	100,00	0,00	100,00	100,00	100,00	0,00	100,00	100,00
5	Nadelwald	100,00	0,00	100,00	100,00	82,50	5,03	72,63	92,37
	Laubwald	85,11	2,65	79,91	90,31	100,00	0,00	100,00	100,00
	Offenland	90,91	2,14	86,71	95,11	100,00	0,00	100,00	100,00
	Sonstige	100,00	0,00	100,00	100,00	90,00	4,29	81,59	98,41
	Felder	100,00	0,00	100,00	100,00	100,00	0,00	100,00	100,00
6	Nadelwald	100,00	0,00	100,00	100,00	60,00	6,54	47,18	72,82
	Laubwald	65,63	3,88	58,02	73,23	84,00	6,54	71,18	96,82
	Offenland	84,21	2,98	78,38	90,05	64,00	7,46	49,38	78,62
	Waldränder und Offenland tw. mit Bäumen	61,76	3,97	53,99	69,54	84,00	6,68	70,90	97,10
	Sonstige	75,00	3,54	68,07	81,93	84,00	6,48	71,30	96,70
	Felder	95,45	1,70	92,12	98,79	84,00	6,43	71,40	96,60

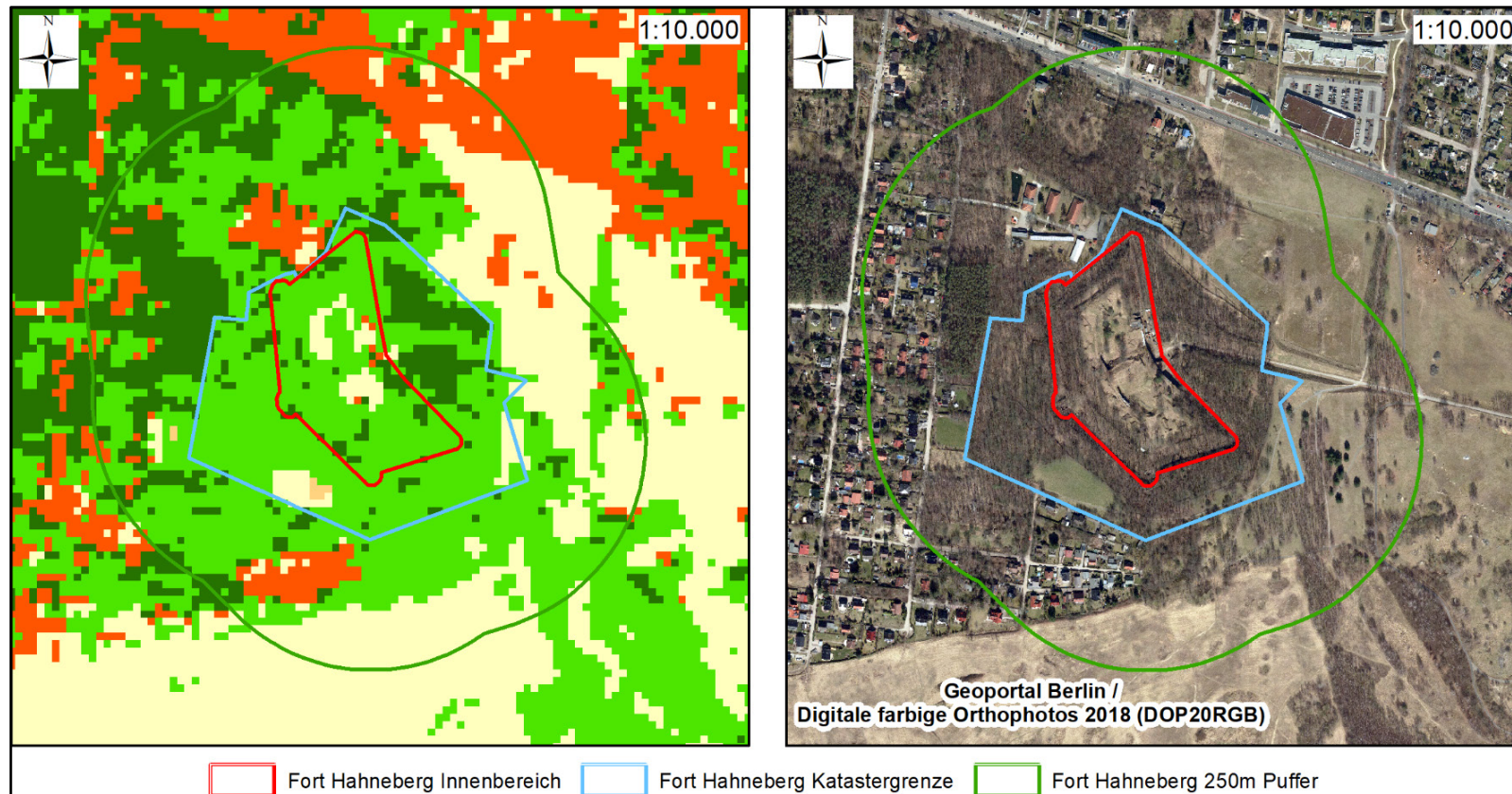


Abbildung E-7: Ergebnis der ex-ante Klassifizierung (linkes Bild) am Standort Fort Hahneberg (D) im Vergleich zur Luftbildaufnahme des gleichen Standortes im Frühjahr 2018 (rechtes Bild) mit verschiedenen Pufferbereichen um das Fort

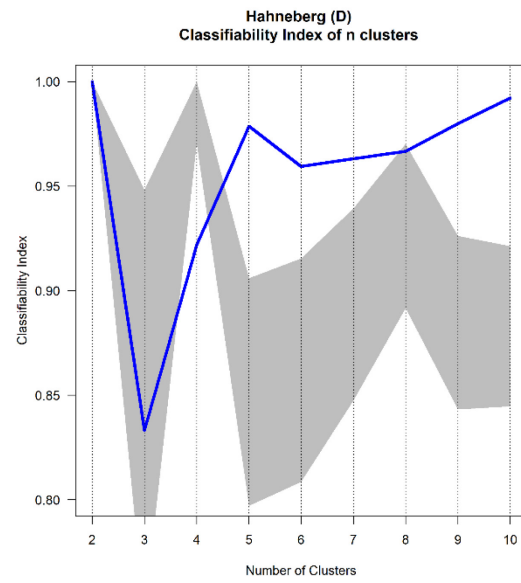


Abbildung E-8: Classifiability index des Standortes Fort Hahneberg (D), nach dem ex-ante Klassifizierungsverfahren, optimale Clusteranzahl = 5

Fort Sarbinowo (PL)



Abbildung E-9: Visualisierungen der Ergebnisse der *k*-means Clusterung in der SNAP toolbox am Standort Fort Sarbinowo (PL) für den Pufferbereich 1000m um den Innenbereich

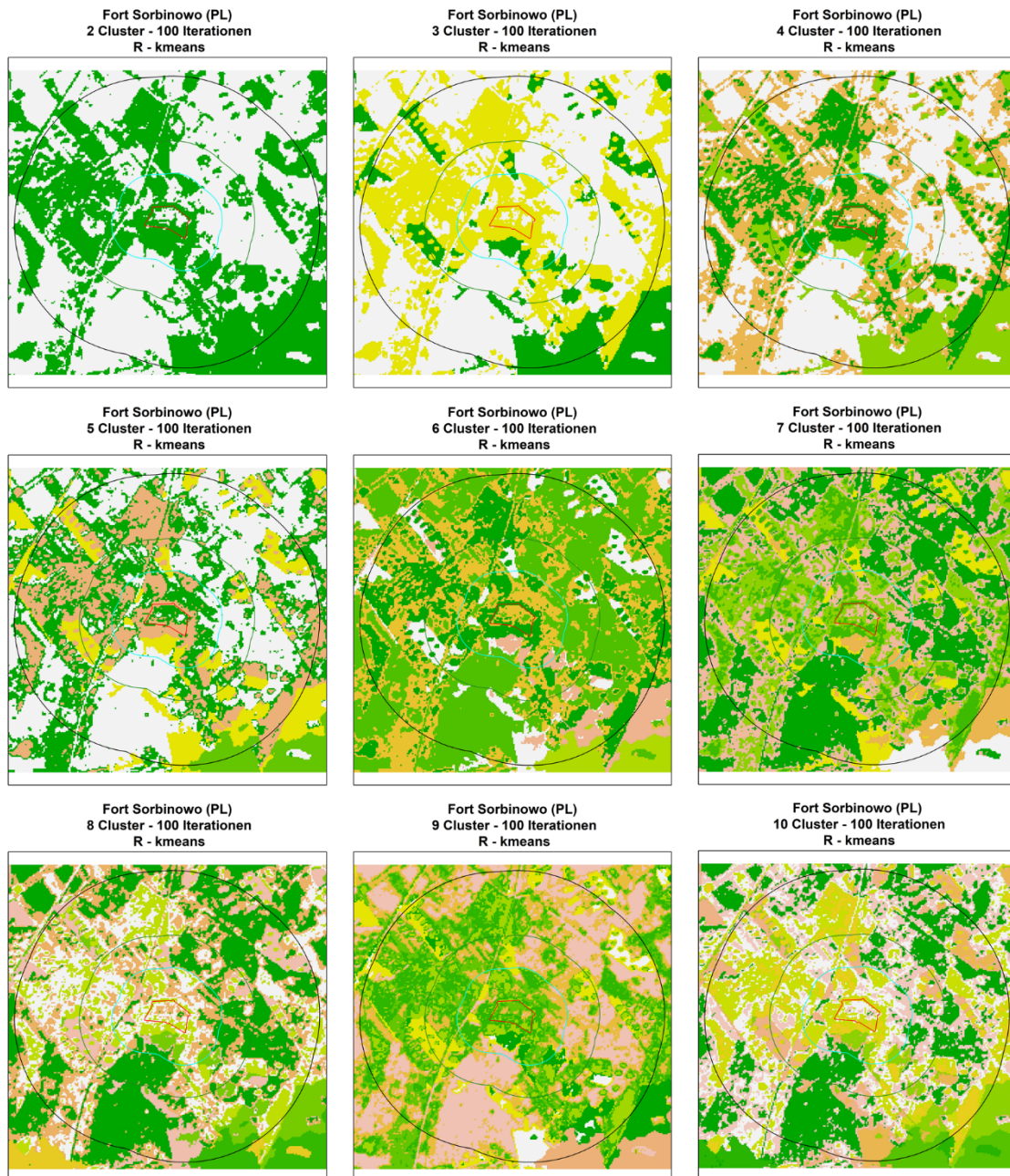


Abbildung E-10: Visualisierungen der Ergebnisse der *k*-means Clusterung in Rx64 3.3.3 am Standort Fort Sarbinowo (PL) für den Pufferbereich 1000m um den Innenbereich



Abbildung E-11: Visualisierungen der Ergebnisse der random forest – k-means Mix-Clusterung in R x64 3.3.3 am Standort Fort Sarbinowo (PL) für den Pufferbereich 1000m um den Innenbereich

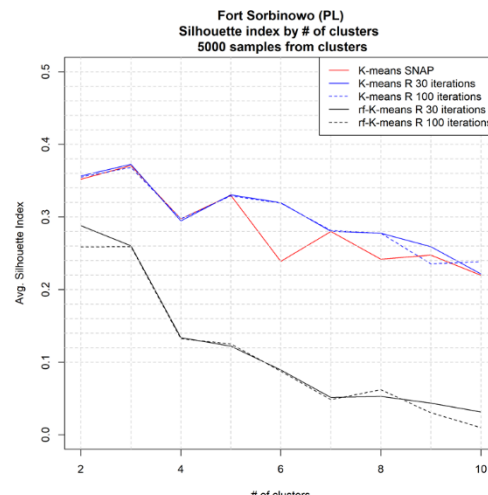
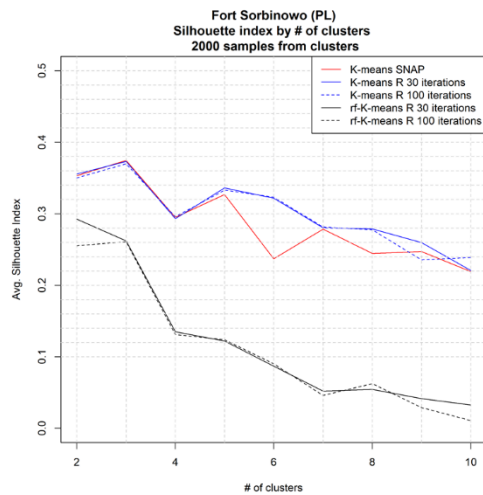
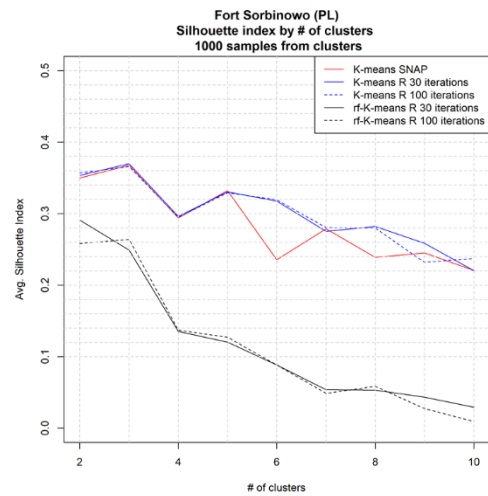
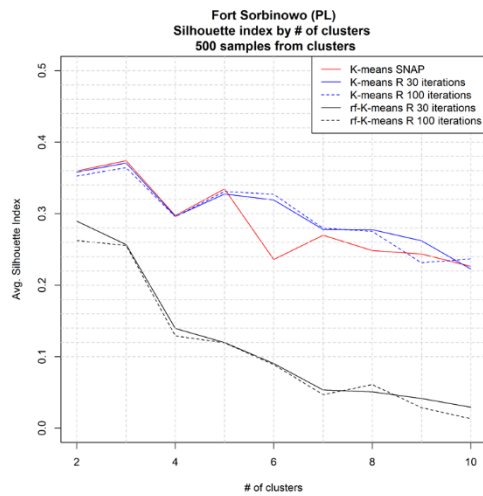
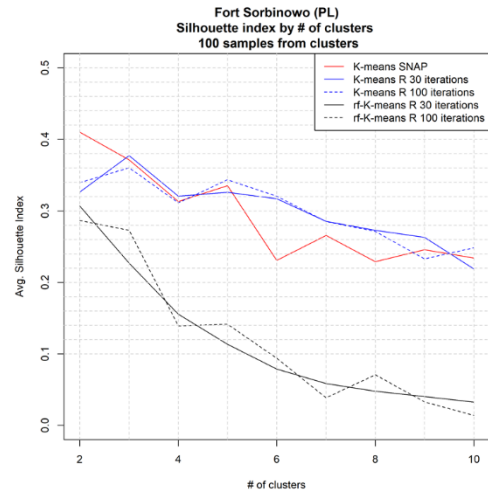
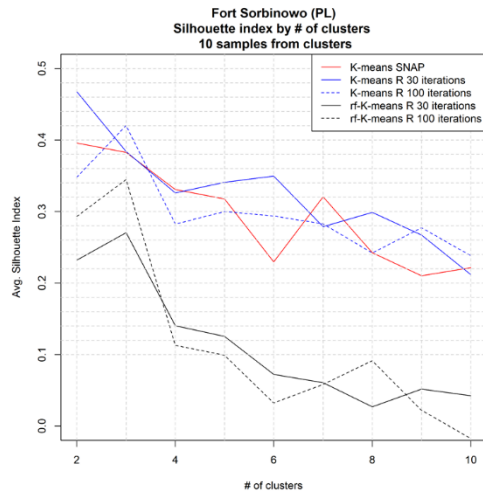


Abbildung E-12: Visualisierungen und Zusammenstellungen der Ergebnisse der ex-post Bewertung der verschiedenen Klassifizierungsalgorithmen sowie Iterationsschritte am Standort Fort Sarbinowo (PL) mittels des Silhouette Indexes für die in Tabelle B-11 beschriebene Ausdehnung

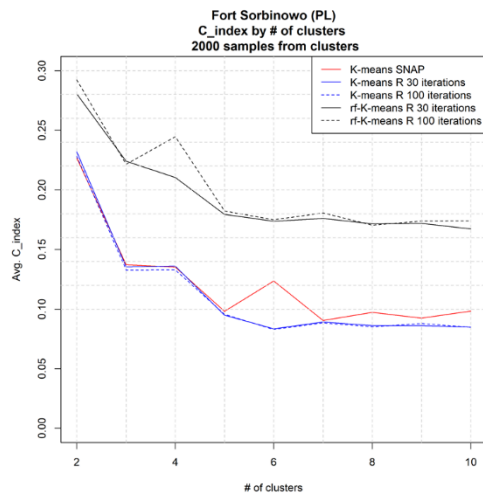
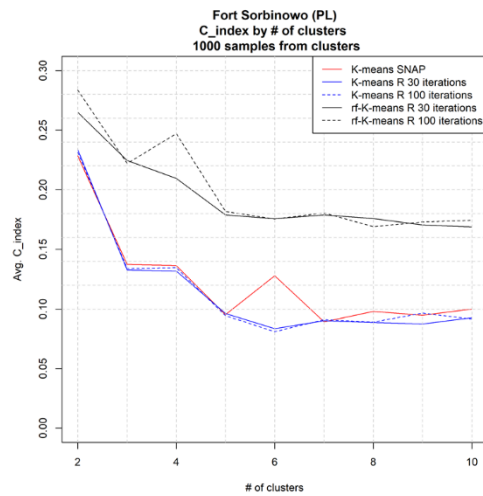
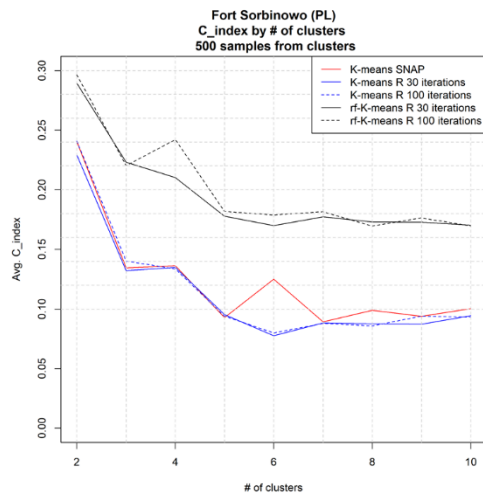
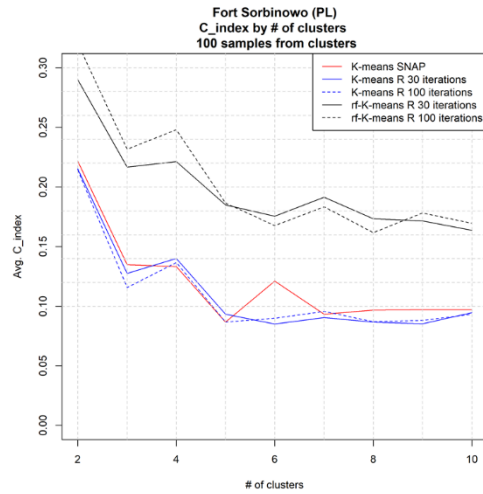
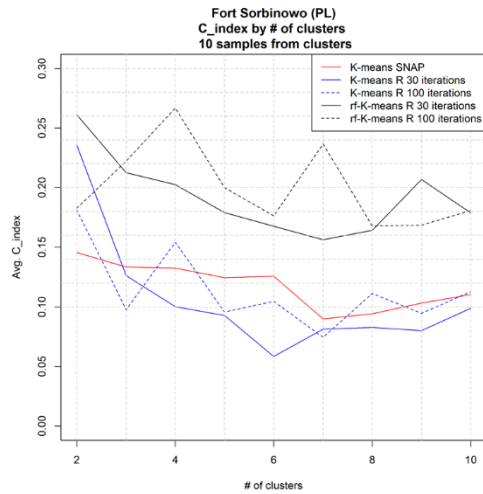


Abbildung E-13: Visualisierungen und Zusammenstellungen der Ergebnisse der ex-post Bewertung der verschiedenen Klassifizierungsalgorithmen sowie Iterationsschritte am Standort Fort Sarbinowo (PL) mittels des C_Indexes für die in Tabelle B-11 beschriebene Ausdehnung

Tabelle E-7: Darstellung der Indexauswertungen von 2000 samples der k-means Clusterung (100 Iterationen) mittels Rx64 3.3.3 mittels der „all“ Option der clusterCrit Bibliothek in Rx64 3.3.3 für den Standort Fort Sarbinowo (PL) (Ausdehnung nach Tabelle B-11)

N Cluster	Ball-Hall	Banfeld-Raftery	C-index	Calinski-Harabasz	Davies-Bouldin	Det-Ratio	Dunn	Gamma	G plus
2	0,170620286	-8025,2309	0,226268081	2190,87792	1,154641336	NA	0,017445344	0,562891722	0,109277067
3	0,134114719	-13124,9563	0,131368196	4043,238104	0,96013999	NA	0,028475379	0,725028336	0,061094623
4	0,110169053	-19592,2162	0,135022104	4599,782267	0,952635566	NA	0,015461905	0,717259169	0,053000642
5	0,10349445	-24268,3212	0,095925241	6366,362898	1,051749036	NA	0,01215226	0,823164523	0,028285194
6	0,095734917	-29470,4656	0,082987983	6529,608474	0,973847665	NA	0,008876949	0,852832556	0,020433109
7	0,082128441	-36614,2030	0,088485677	7587,658386	1,080762705	NA	0,010664155	0,843808889	0,019118608
8	0,085955544	-40172,7507	0,085926058	6972,826564	1,006618071	NA	0,006674434	0,853396595	0,016207346
9	0,086362371	-46963,8206	0,088128639	7561,109203	1,234177546	NA	0,008194899	0,845802426	0,015388805
10	0,085420577	-51387,3549	0,084501099	7409,76413	1,272699906	NA	0,009350423	0,858209193	0,013006691
Auswertungsregel	max diff	min	min	max	min	min diff	max	max	min

N Cluster	GDI11	Ksq-DetW	Log Det-Ratio	Log SS-Ratio	McClain-Rao	PBM	Point Biserial	Ray-Turi	Ratkowsky-Lance
2	0,017445344	0	NA	-0,601491896	0,621673908	0,160760055	-0,150328431	0,45620981	NA
3	0,028475379	0	NA	0,298933718	0,534044364	0,199618611	-0,188277197	0,350194939	NA
4	0,015461905	0	NA	0,545679841	0,508062817	0,151224001	-0,170077965	0,722002038	NA
5	0,01215226	0	NA	0,935237726	0,446471372	0,212573182	-0,194022279	0,657771072	NA
6	0,008876949	0	NA	1,001378371	0,446783856	0,15840966	-0,176423553	0,599596225	NA
7	0,010664155	0	NA	1,179725295	0,429537856	0,13882914	-0,167291733	0,950562937	NA
8	0,006674434	0	NA	1,158119132	0,428247161	0,108026239	-0,159346925	0,983241811	NA
9	0,008194899	0	NA	1,251290619	0,411210129	0,095012871	-0,154542601	1,550930051	NA
10	0,009350423	0	NA	1,276646573	0,406035885	0,079241792	-0,149249835	1,614969661	NA
Auswertungsregel	max	max diff	min diff	min diff	min	max	max	min	max

N Cluster	Scott-Symons	SD Scat	SD Dis	S Dbw	Silhouette	Tau	Trace W	Trace WiB	Wemmert-Gancarski
2	-Inf	0,69757735	3,270370624	0,702653492	0,359319381	0,398024588	682,481143	0	0,495526711
3	-Inf	0,486464603	2,766966697	0,708686827	0,376584559	0,483311924	804,6883158	0	0,522524654
4	-Inf	0,404942052	4,502070894	0,404942052	0,299020852	0,439174851	881,3524244	0	0,454480293
5	-Inf	0,284324356	4,59052138	0,284324356	0,329827333	0,465582266	1034,944503	0	0,474875935
6	-Inf	0,273337453	4,515063999	NA	0,320820322	0,449407302	1148,81901	0	0,463661206
7	-Inf	0,226677301	6,306058433	NA	0,281162188	0,417502497	1149,79818	0	0,422240803
8	-Inf	0,237587105	6,248240426	NA	0,278288992	0,401282167	1300,406317	0	0,426158416
9	-Inf	0,268291583	8,085565093	NA	0,235359335	0,377874498	1379,272278	0	0,379404766
10	-Inf	0,256086589	8,279377495	NA	0,237997769	0,367593262	1455,553294	0	0,384675678
Auswertungsregel	min	min	???	min	max	max	max diff	max diff	max

N Cluster	Xie Beni								
2	31,27799168								
3	25,28309572								
4	35,03181502								
5	38,99622279								
6	67,51981376								
7	53,70181713								
8	108,55957								
9	70,27031336								
10	52,9916719								
Auswertungsregel	min								

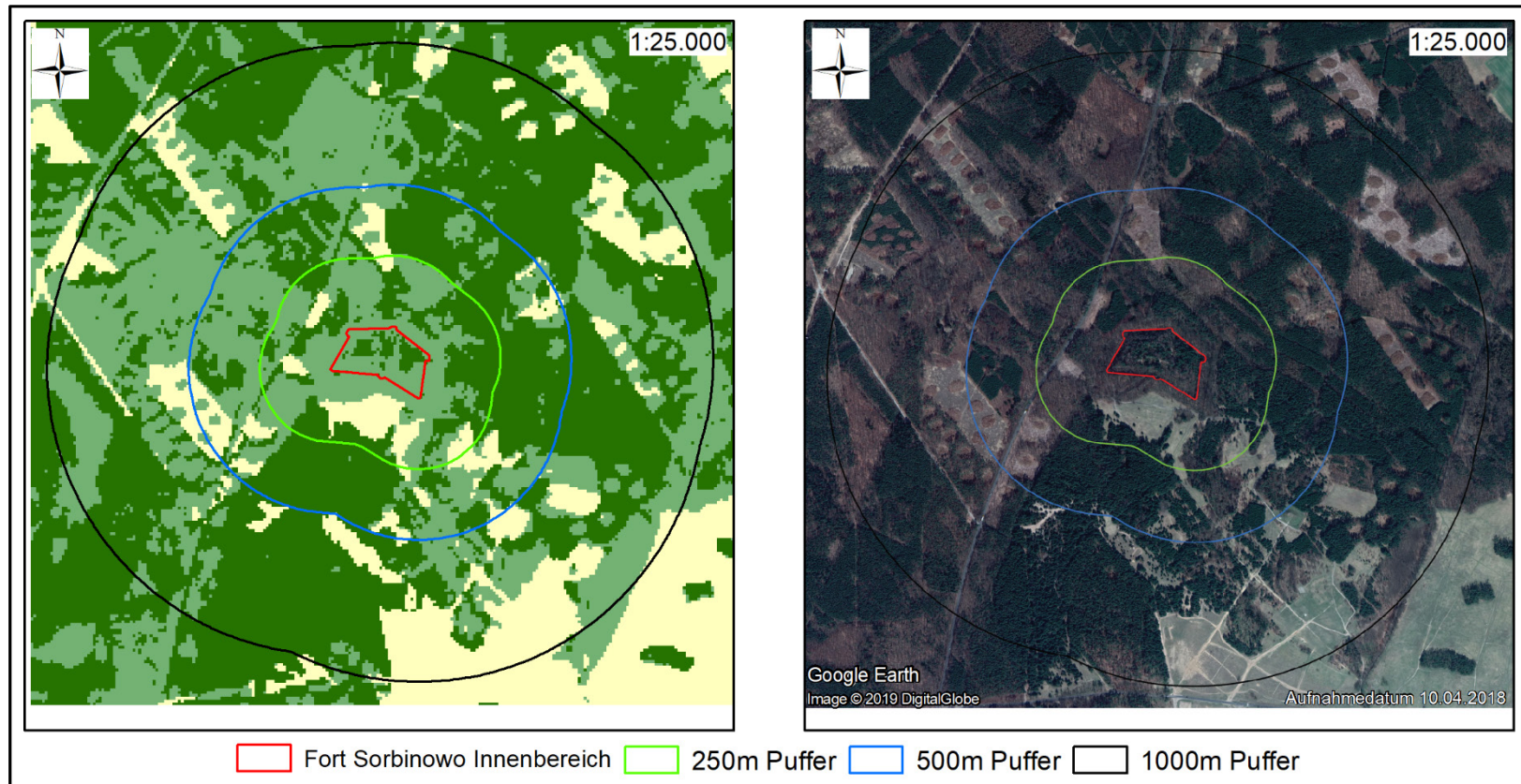


Abbildung E-14: Ergebnis der ex-ante Klassifizierung (linkes Bild) am Standort Fort Sarbinowo (PL) im Vergleich zum Google-earth Luftbild (rechtes Bild) im Frühjahr 2018 mit verschiedenen Pufferbereichen um das Fort

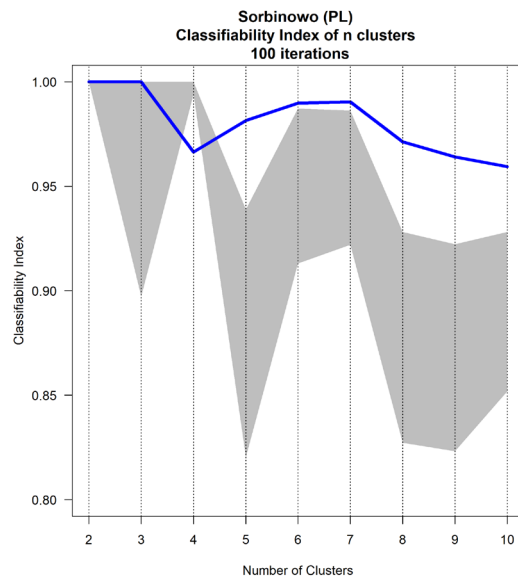


Abbildung E-15: Classifiability index des Standortes Fort Sarbinowo (PL) nach dem ex-ante Klassifizierungsverfahren, optimale Clusteranzahl = 3

Tabelle E-8: Flächenanteile der identifizierten Biotoparten in verschiedenen Bereichen nach Auswertungen der verschiedenen Klassifizierungsalgorithmen (100 Iterationen) bei N=3 Clustern für den Standort Fort Sarbinowo (PL)

	SNAP k-means	R k-means	R rf--k-means mix	ex-ante
1000m Puffer	[ha]			
Nadelwald	212,28	212,28	175,97	209,21
Laubwald	155,06	155,06	123,02	152,09
Offenland	48,44	48,44	116,79	54,48
500m Puffer				
Nadelwald	64,22	64,22	55,23	64,46
Laubwald	56,40	56,40	46,77	54,12
Offenland	11,49	11,49	30,11	13,53
250m Puffer				
Nadelwald	17,28	17,28	14,54	17,49
Laubwald	26,86	26,86	23,93	25,90
Offenland	4,94	4,94	10,61	5,69
Innenbereich				
Nadelwald	1,33	1,33	1,39	1,57
Laubwald	3,76	3,76	3,65	3,52
Offenland	0,00	0,00	0,05	0,00

Kaunas Fort IV (LT)

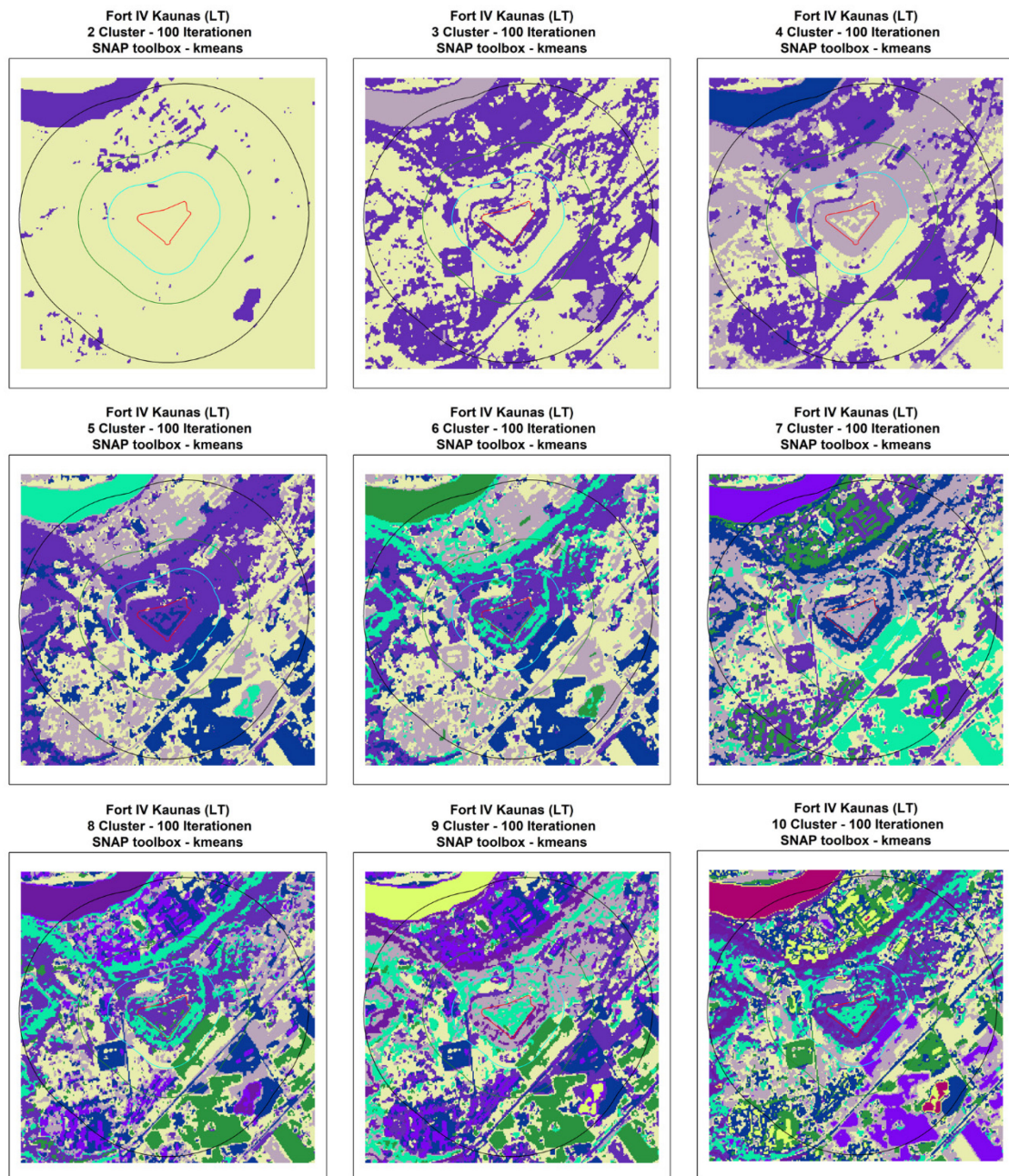


Abbildung E-16: Visualisierungen der Ergebnisse der *k*-means Clusterung in der SNAP toolbox am Standort Fort IV Kaunas (LT) für den Pufferbereich 1000m (schwarze Umrandung) um den Innenbereich (rote Umrandung)

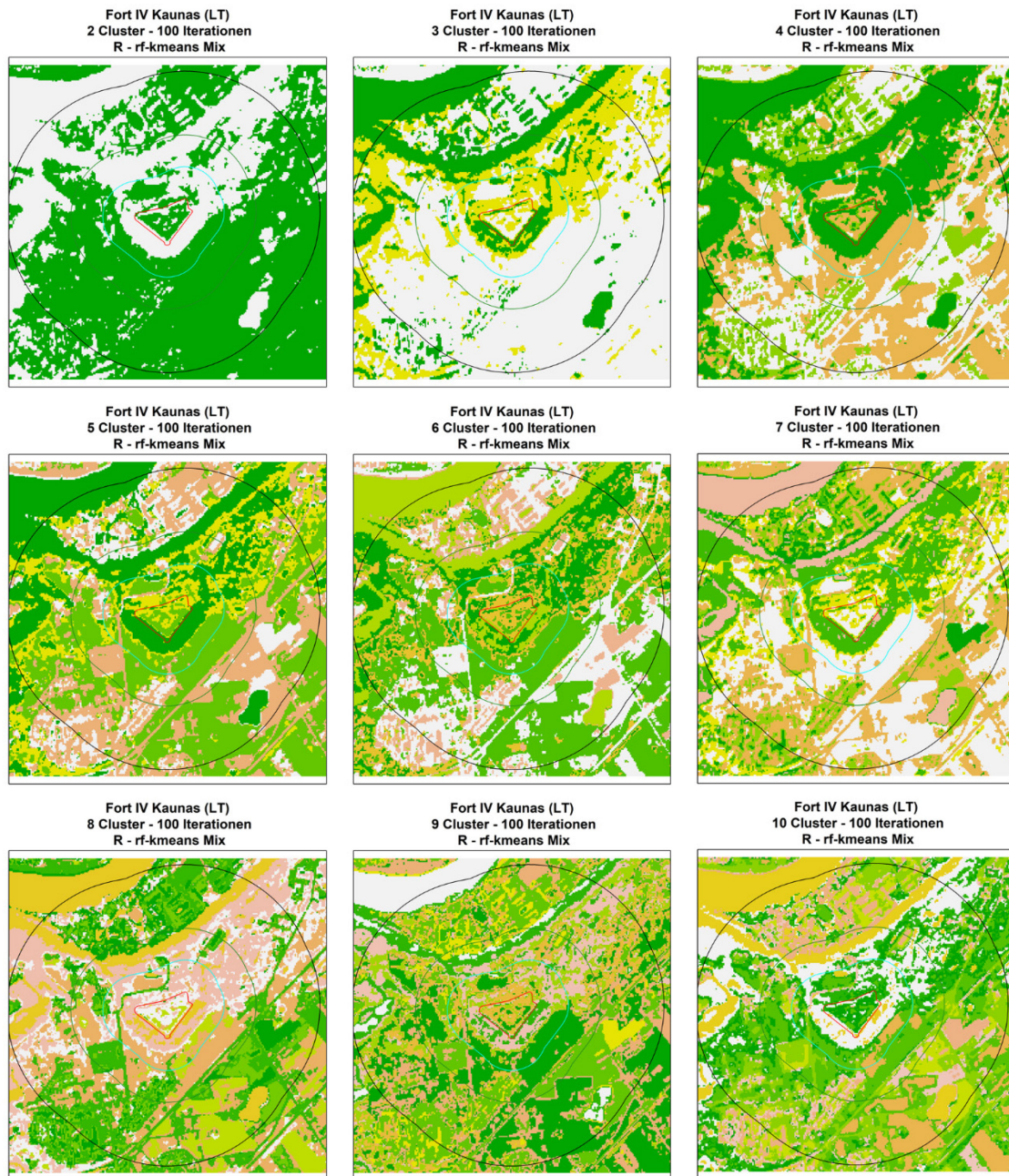


Abbildung E-17: Visualisierungen der Ergebnisse der random forest – k-means Mix-Clusterung in R x64 3.3.3 am Standort Fort IV Kaunas (LT) für den Pufferbereich 1000m (schwarze Umrandung) um den Innenbereich (rote Umrandung)

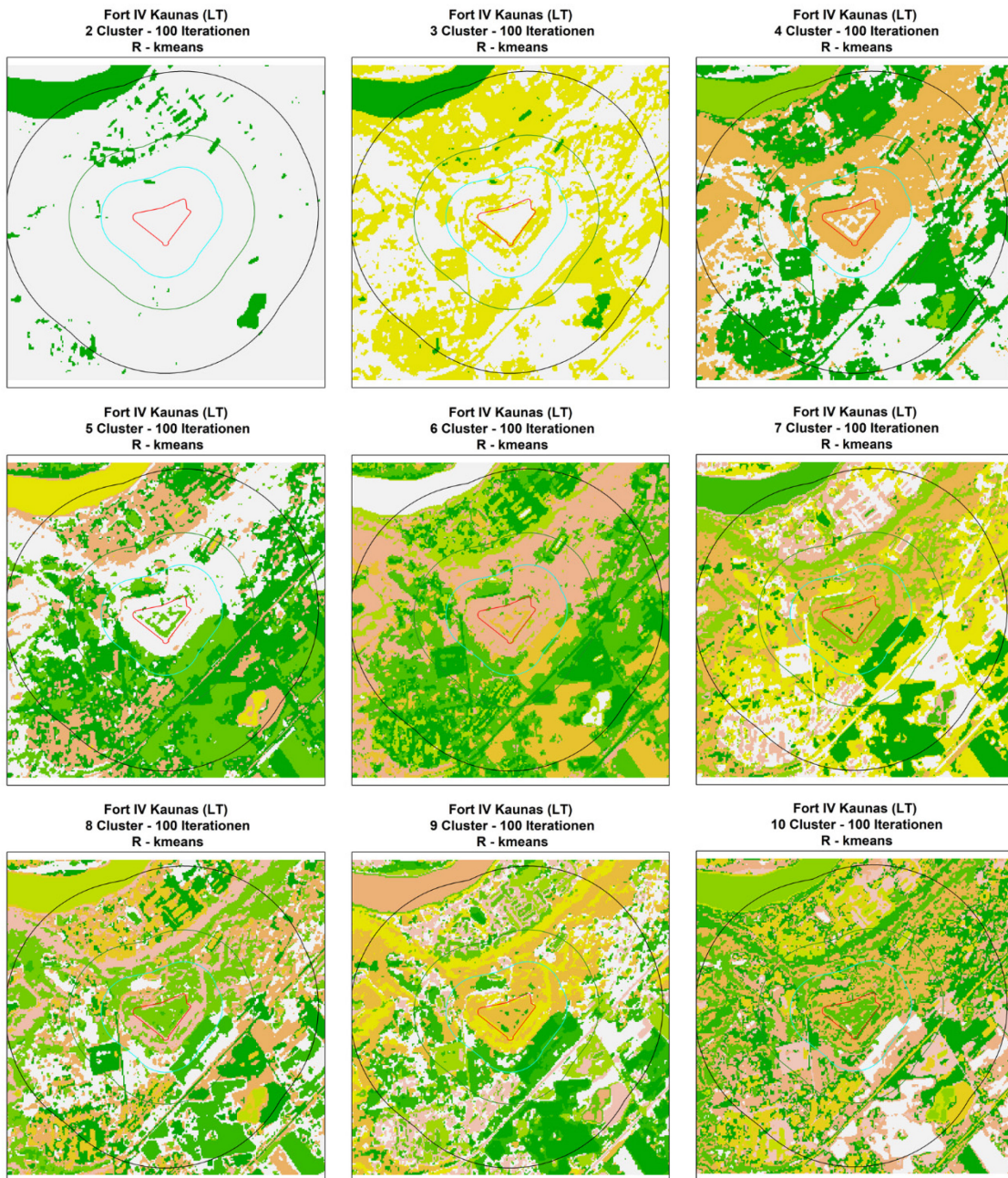


Abbildung E-18: Visualisierungen der Ergebnisse der *k*-means Clusterung in R x64 3.3.3 am Standort Fort IV Kaunas (LT) für den Pufferbereich 1000m (schwarze Umrandung) um den Innenbereich (rote Umrandung)

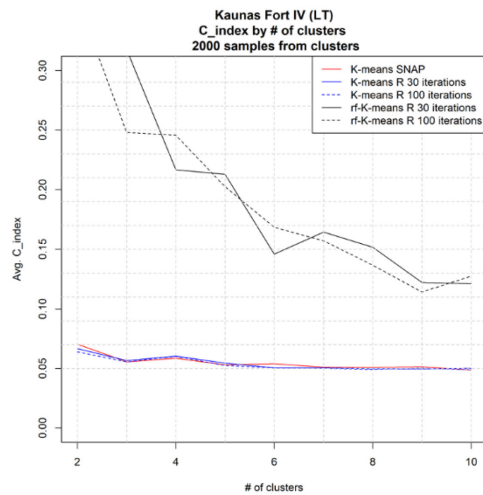
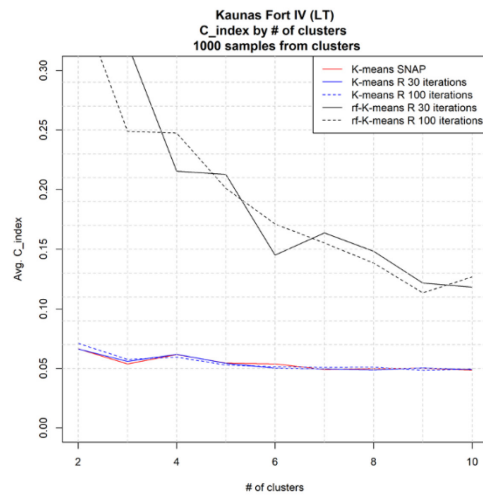
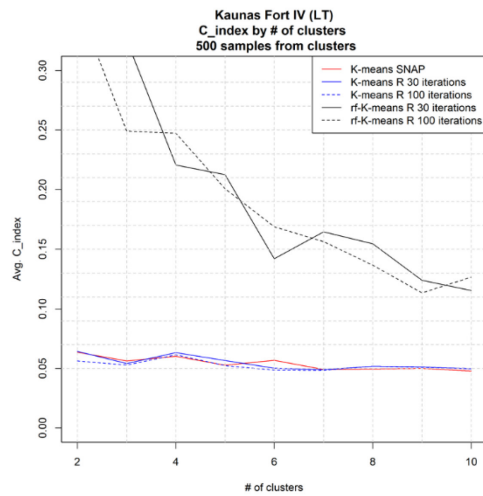
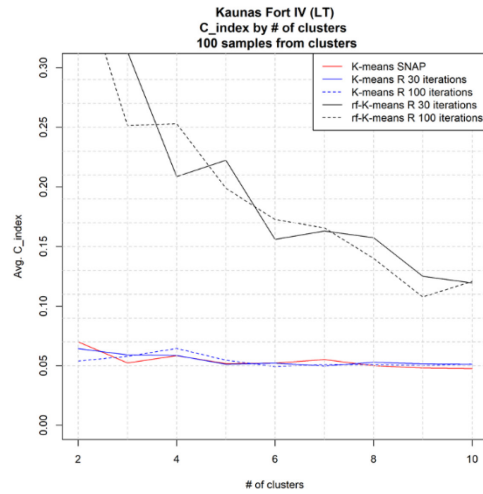
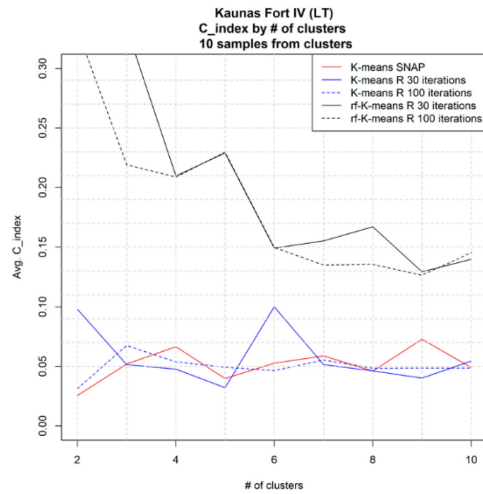


Abbildung E-19: Visualisierungen und Zusammenstellungen der Ergebnisse der ex-post Bewertung der verschiedenen Klassifizierungsalgorithmen sowie Iterationsschritte am Standort Fort IV Kaunas (LT) mittels des C-Indexes für die in Tabelle B-11 beschriebene Ausdehnung

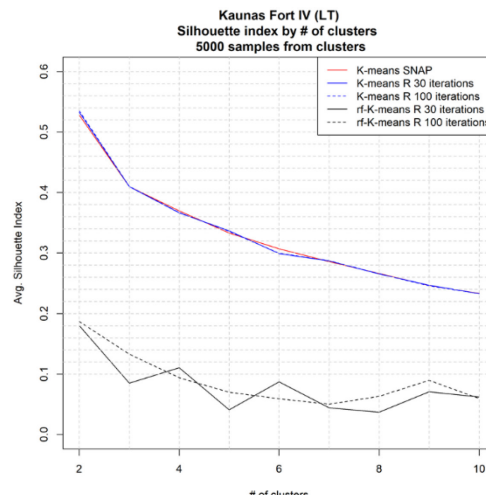
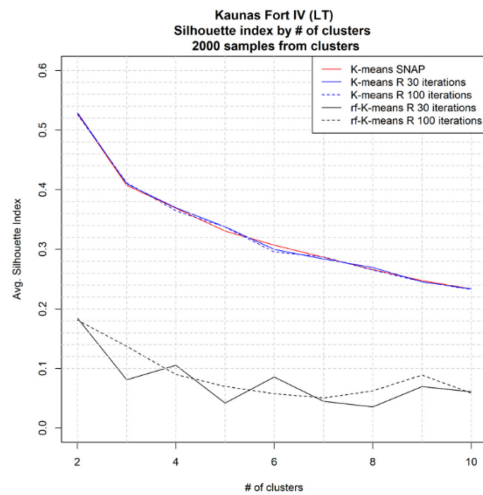
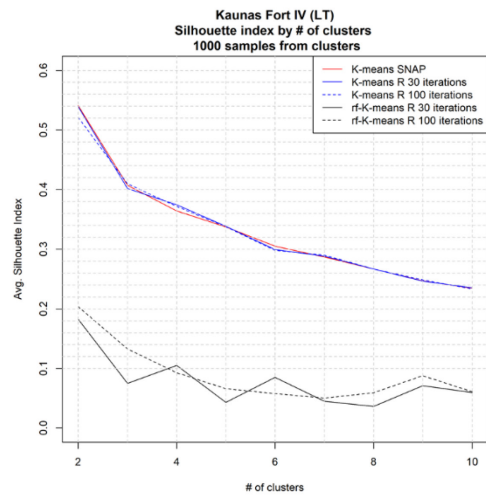
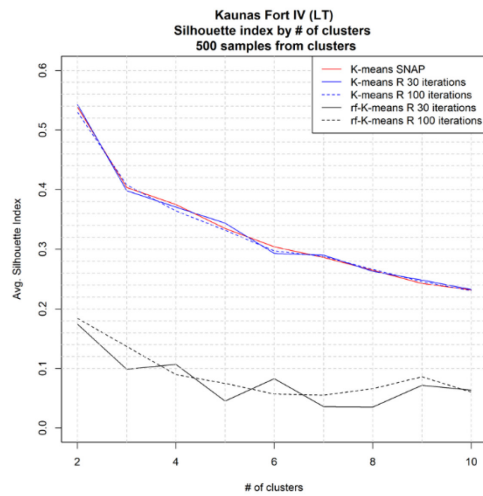
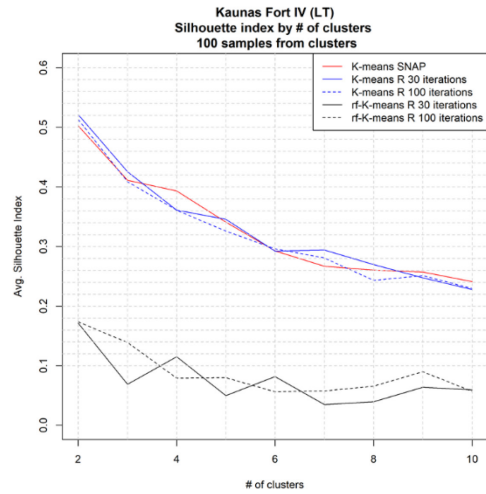
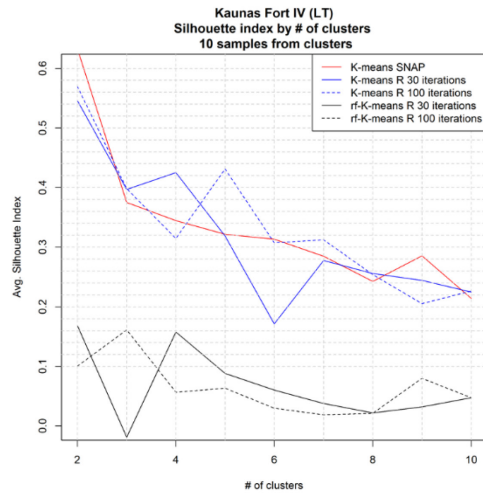


Abbildung E-20: Visualisierungen und Zusammenstellungen der Ergebnisse der ex-post Bewertung der verschiedenen Klassifizierungsalgorithmen sowie Iterationsschritte am Standort Fort IV Kaunas (LT) mittels des Silhouette Indexes für die in Tabelle B-11 beschriebene Ausdehnung

Tabelle E-9: Darstellung der Indexauswertungen von 2000 samples der k-means Clusterung (100 Iterationen) mittels Rx64 3.3.3 mittels der „all“ Option der clusterCrit Bibliothek in Rx64 3.3.3 für den Standort Fort IV Kaunas (LT) (Ausdehnung nach Tabelle B-11)

N Cluster	Ball-Hall	Banfeld-Raftery	C-index	Calinski-Harabasz	Davies-Bouldin	Det-Ratio	Dunn	Gamma	G plus
2	0,09690159	-9368,02759	0,06186016	7754,52617	0,67507346	NA	0,04491187	0,84916997	0,0377075
3	0,05608887	-17427,61	0,05692406	12638,7461	0,4439328	NA	0,02451664	0,82974243	0,03782871
4	0,04741391	-24501,6012	0,06133359	12176,8732	1,20118956	NA	0,02241746	0,784675	0,04036334
5	0,04193464	-32062,7238	0,05383727	12721,7914	1,36669771	NA	0,01036253	0,80546987	0,03111548
6	0,04027203	-39197,0411	0,05070226	12162,6291	1,09742387	NA	0,00598203	0,820274	0,02495362
7	0,03551531	-47500,9156	0,05010299	12659,9016	1,02779762	NA	0,00951602	0,82702667	0,02117284
8	0,03551869	-54189,0081	0,05127073	11677,8929	1,5572327	NA	0,0053687	0,82251245	0,01940542
9	0,03500884	-61552,9886	0,05109864	11519,3917	0,91594303	NA	0,00678484	0,83326083	0,01646166
10	0,03282528	-69719,3554	0,04935283	11743,8585	1,63356287	NA	0,00519771	0,84204155	0,01421057
Auswertungsregel	max diff	min	min	max	min	min diff	max	max	min

N Cluster	GDI11	Ksq-DetW	Log Det-Ratio	Log SS-Ratio	McClain-Rao	PBM	Point Biserial	Ray-Turi	Ratkowsky-Lance
2	0,044911874	0	NA	0,662482459	0,422555947	0,551598087	-0,267323294	0,128892466	NA
3	0,024516637	0	NA	1,43865502	0,354923771	0,807627046	-0,255081036	0,516159623	NA
4	0,022417465	0	NA	1,519209384	0,375118503	0,484917308	-0,199586815	0,48768246	NA
5	0,010362526	0	NA	1,627525773	0,373012555	0,392603052	-0,175666683	0,497570302	NA
6	0,005982028	0	NA	1,623399447	0,37864161	0,298186275	-0,155297012	0,628560321	NA
7	0,009516015	0	NA	1,691641909	0,379611621	0,229134179	-0,13894311	0,617959124	NA
8	0,005368703	0	NA	1,631519109	0,390339543	0,174256349	-0,123928946	0,897821059	NA
9	0,006784844	0	NA	1,633601758	0,391703155	0,143995182	-0,116747774	0,93635928	NA
10	0,00519771	0	NA	1,665322849	0,389832999	0,120449589	-0,109186187	0,983583628	NA
Auswertungsregel	max	max diff	min diff	min diff	min	max	max	min	max

N Cluster	Scott-Symons	SD Scat	SD Dis	S Dbw	Silhouette	Tau	Trace W	Trace WiB	Wemmert-Gancarski
2	-Inf	0,32079229	2,306631971	0,32079229	0,538373041	0,600453866	387,6063652	0	0,633803753
3	-Inf	0,170094538	7,020959556	NA	0,404631564	0,553115544	336,5332261	0	0,511165836
4	-Inf	0,166898253	8,033104919	0,166898253	0,3662809	0,480453259	379,3112505	0	0,487139421
5	-Inf	0,148569515	9,468169745	NA	0,334145505	0,455574177	419,3464297	0	0,449897884
6	-Inf	0,156818292	11,4854259	0,156818292	0,301581557	0,432250252	483,2644077	0	0,422267031
7	-Inf	0,13962478	12,51188858	NA	0,288029051	0,409198933	497,2143253	0	0,408001026
8	-Inf	0,154778428	15,85392509	NA	0,264999663	0,384622864	568,298989	0	0,381817788
9	-Inf	0,155021641	16,30391102	NA	0,245031784	0,370266076	630,1591135	0	0,364135753
10	-Inf	0,148557748	17,45293601	NA	0,233153894	0,357176509	656,5055295	0	0,353113055
Auswertungsregel	min	min	???	min	max	max	max diff	max diff	max

N Cluster	Xie Beni								
2	21,79664743								
3	50,6037497								
4	64,1378263								
5	49,01286819								
6	68,60511161								
7	73,88203086								
8	85,51797985								
9	52,16277971								
10	76,40027103								
Auswertungsregel	min								

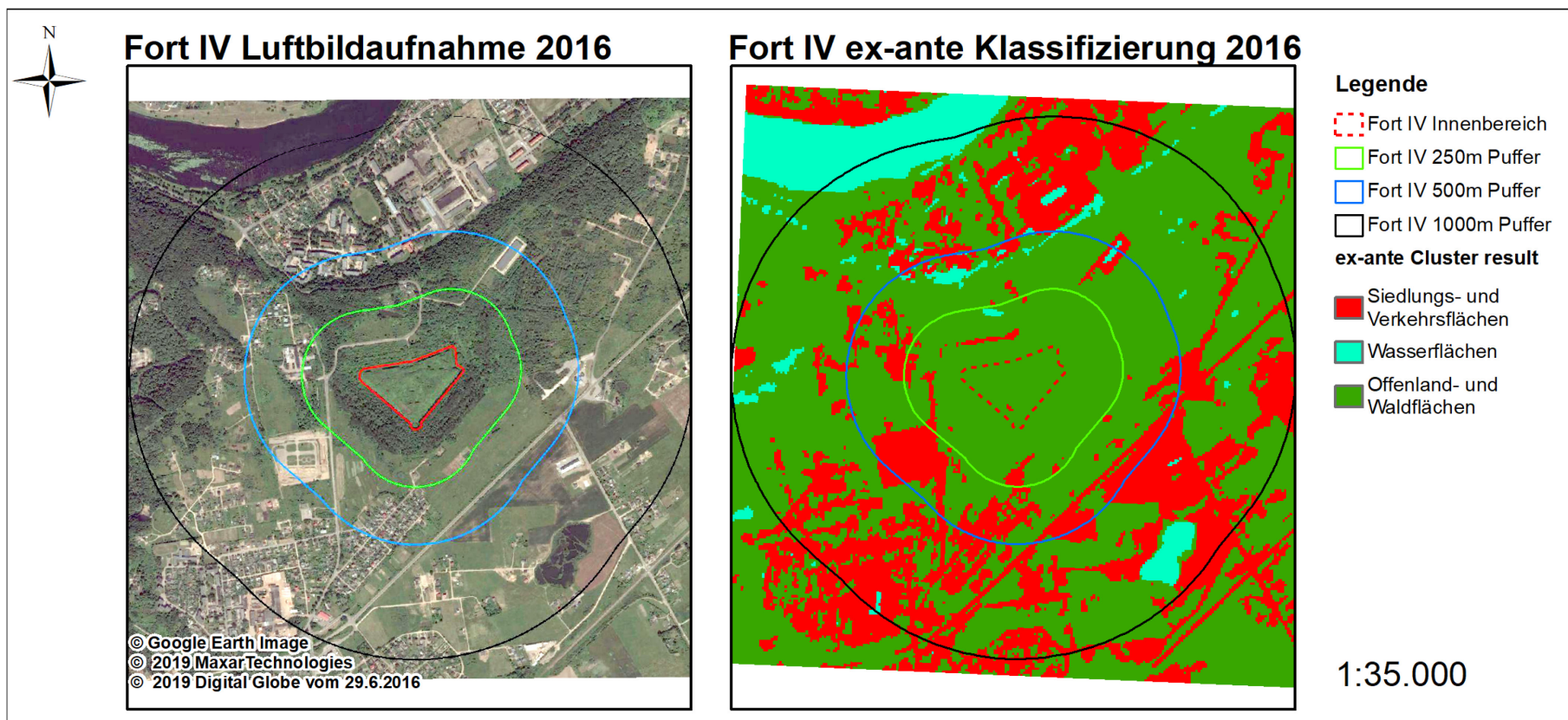


Abbildung E-21: Ergebnis der ex-ante Klassifizierung (rechts) am Standort Fort IV Kaunas (LT) im Vergleich zum Google-earth Luftbild (links) mit verschiedenen Pufferbereichen um das Fort

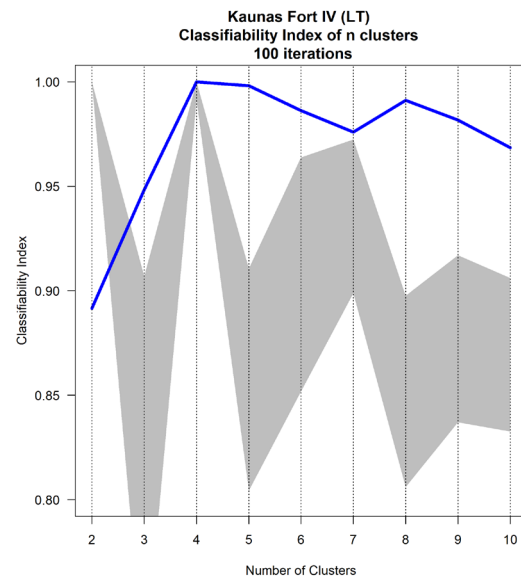


Abbildung E-22: Classifiability index des Standortes Fort IV Kaunas (LT) nach dem ex-ante Klassifizierungsverfahren, optimale Clusteranzahl = 3

Kaunas Fort V (LT)

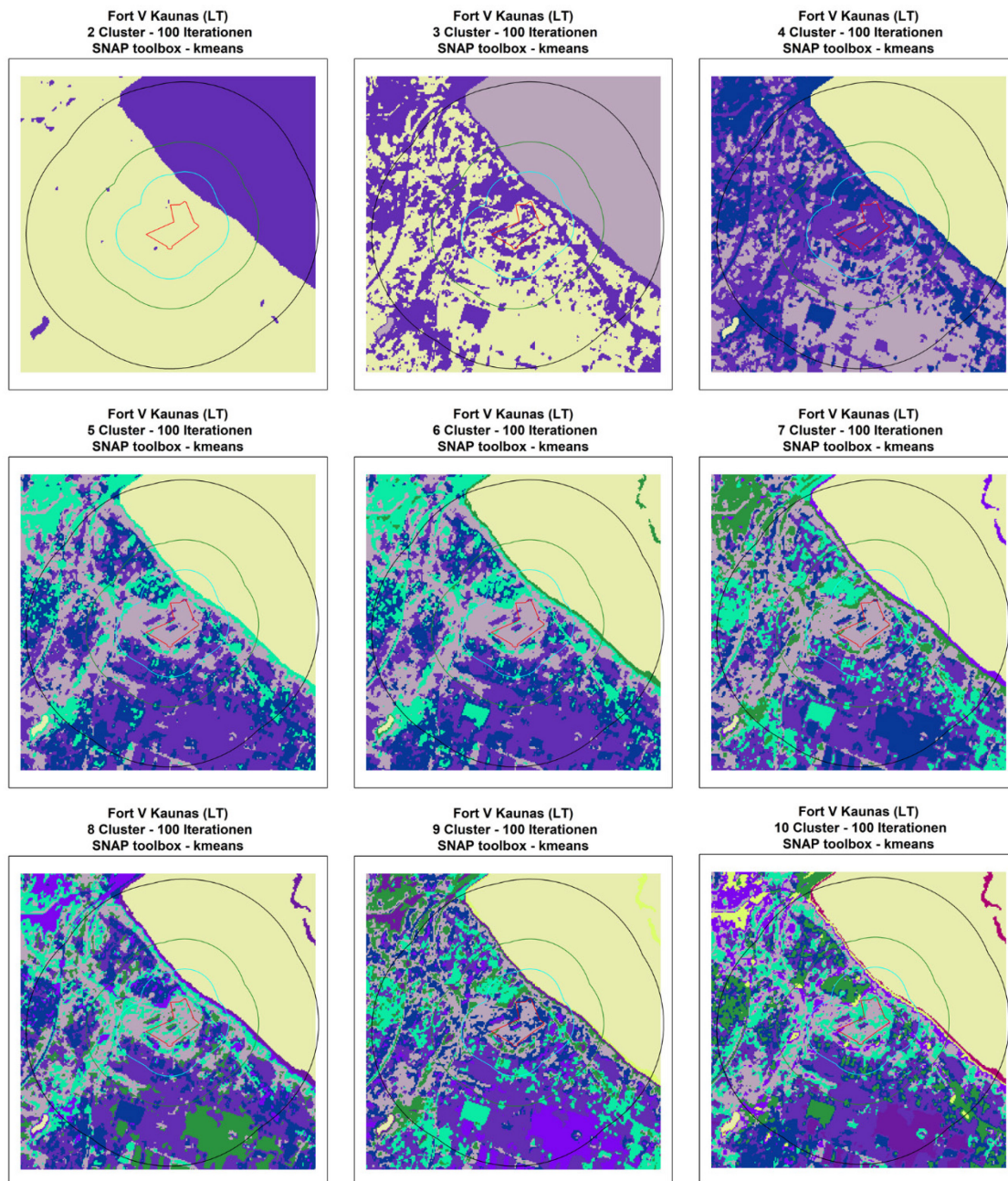


Abbildung E-23: Visualisierungen der Ergebnisse der k-means Clusterung in der SNAP toolbox am Standort Fort V Kaunas (LT) für den Pufferbereich 1000m (schwarze Umrandung) um den Innenbereich (rote Umrandung)

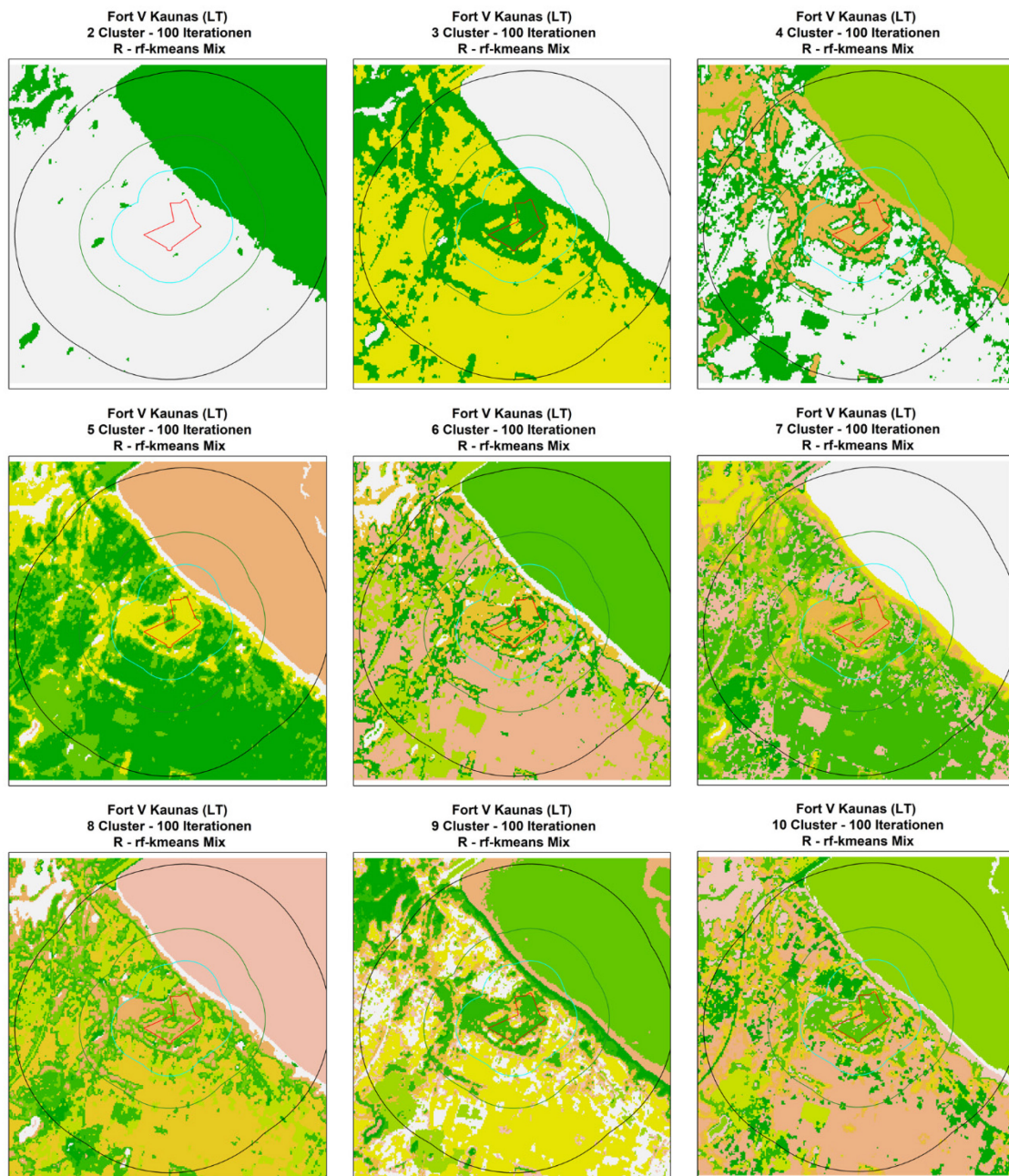


Abbildung E-24: Visualisierungen der Ergebnisse der random forest – k-means Mix-Clustering in R x64 3.3.3 am Standort Fort V Kaunas (LT) für den Pufferbereich 1000m (schwarze Umrandung) um den Innenbereich (rote Umrandung)



Abbildung E-25: Visualisierungen der Ergebnisse der *k*-means Clusterung in R x64 3.3.3 am Standort Fort V Kaunas (LT) für den Pufferbereich 1000m (schwarze Umrandung) um den Innenbereich (rote Umrandung)

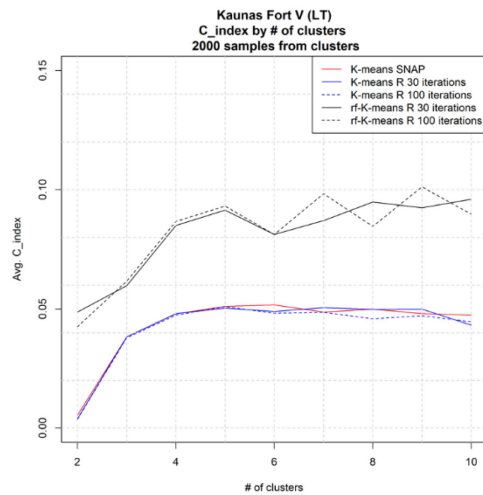
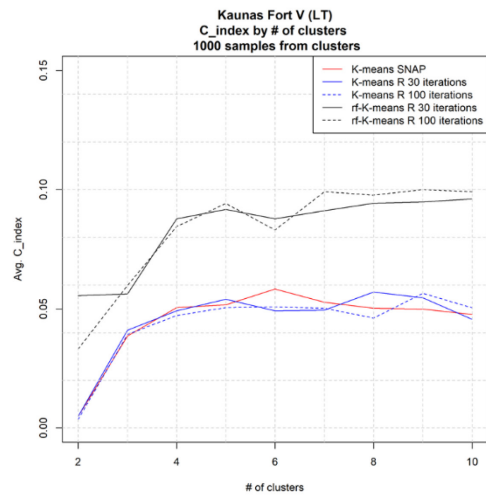
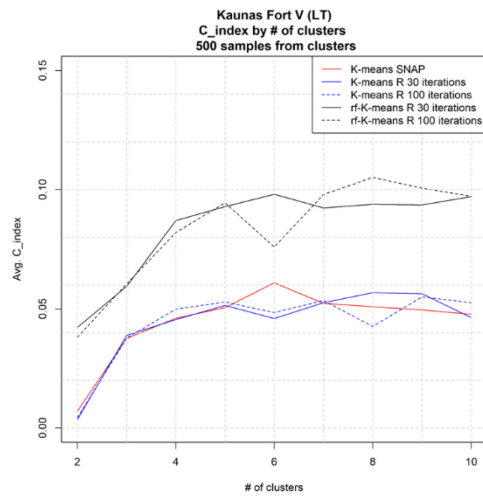
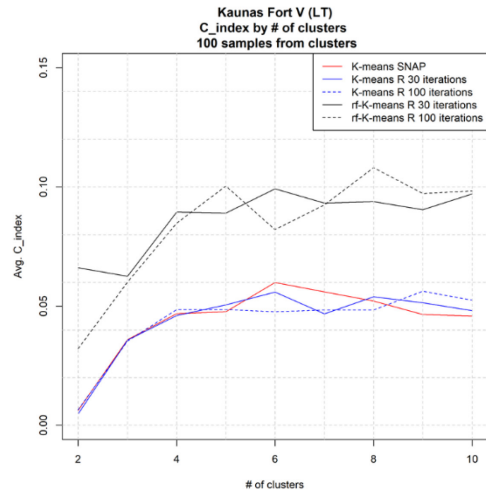
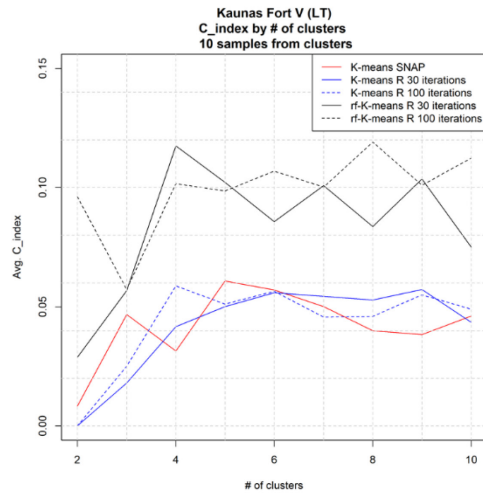


Abbildung E-26: Visualisierungen und Zusammenstellungen der Ergebnisse der ex-post Bewertung der verschiedenen Klassifizierungsalgorithmen sowie Iterationsschritte am Standort Fort V Kaunas (LT) mittels des Silhouette Indexes für die in Tabelle B-11 beschriebene Ausdehnung

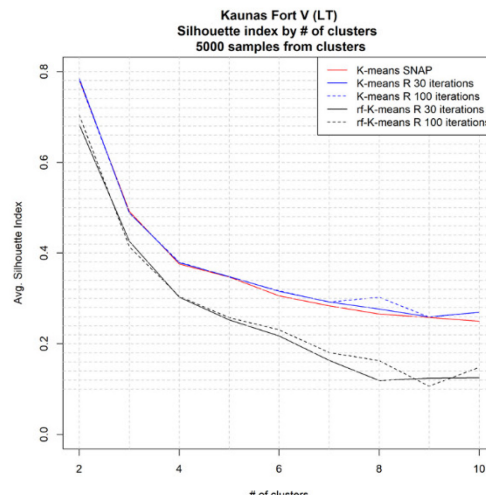
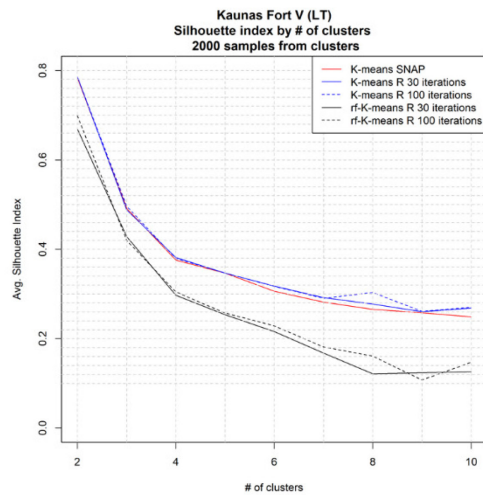
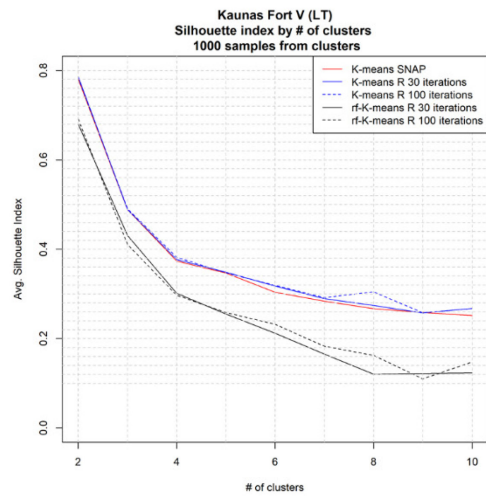
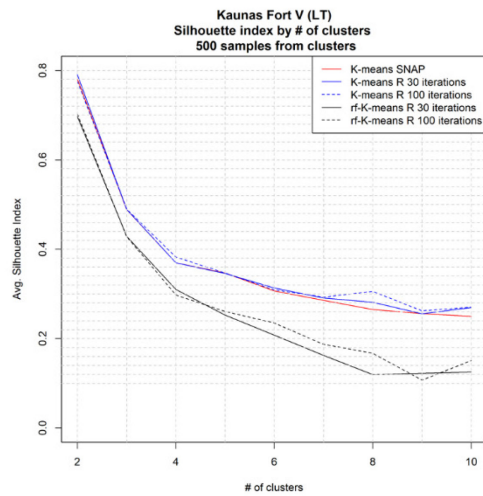
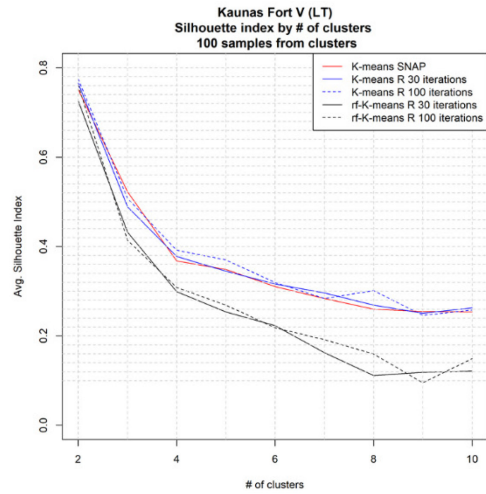
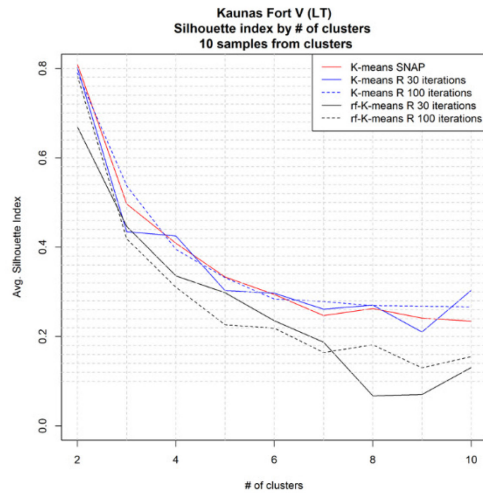


Abbildung E-27: Visualisierungen und Zusammenstellungen der Ergebnisse der ex-post Bewertung der verschiedenen Klassifizierungsalgorithmen sowie Iterationsschritte am Standort Fort V Kaunas (LT) mittels des Silhouette Indexes für die in Tabelle B-11 beschriebene Ausdehnung

Tabelle E-10: Darstellung der Indexauswertungen von 2000 samples der k-means Clustering (100 Iterationen) mittels Rx64 3.3.3 mittels der „all“ Option der clusterCrit Bibliothek in Rx64 3.3.3 für den Standort Fort V Kaunas (LT) (Ausdehnung nach Tabelle B-11)

N Cluster	Ball-Hall	Banfeld-Raftery	C-index	Calinski-Harabasz	Davies-Bouldin	Det-Ratio	Dunn	Gamma	G plus
2	0,063876597	-12410,6472	0,004741993	24458,92475	0,305416518	NA	0,041236892	0,994315147	0,001421209
3	0,053601376	-19482,8003	0,037591404	20614,40856	0,271320503	NA	0,041127041	0,881256223	0,026383119
4	0,051025498	-25834,7505	0,047393809	16928,84137	0,318080775	NA	0,030685653	0,823893607	0,033011686
5	0,052821072	-31659,4997	0,053317321	14138,58118	1,550862226	NA	0,005305846	0,792778552	0,033145485
6	0,04653038	-39146,4648	0,048917141	14382,28362	1,123688507	NA	0,016320986	0,811071455	0,026231318
7	0,047211212	-45327,6138	0,05036061	13078,07469	1,250149897	NA	0,005807813	0,809887946	0,023270711
8	0,044140208	-50343,4653	0,046003736	12646,70424	1,428701307	NA	0,005304646	0,834376276	0,018317783
9	0,052952008	-55469,6051	0,046606379	11636,83826	0,551941356	NA	0,00531104	0,841704965	0,016272957
10	0,050412462	-60612,3086	0,045916466	10405,88469	1,318453712	NA	0,006156539	0,846951485	0,014048149
Auswertungsregel	max diff	min	min	max	min	min diff	max	max	min

N Cluster	GDI11	Ksq-DetW	Log Det-Ratio	Log SS-Ratio	McClain-Rao	PBM	Point Biserial	Ray-Turi	Ratkowsky-Lance
2	0,041236892	0	NA	1,811200934	0,210584953	4,61780683	-0,50470607	0,040864429	NA
3	0,041127041	0	NA	1,927878113	0,263499228	2,36222036	-0,35381715	0,363149551	NA
4	0,030685653	0	NA	1,848689629	0,307290027	1,15332097	-0,26407257	0,660527422	NA
5	0,005305846	0	NA	1,733116708	0,334338747	0,71242304	-0,21534929	0,762280353	NA
6	0,016320986	0	NA	1,791028533	0,348677167	0,49790320	-0,18621073	0,666387617	NA
7	0,005807813	0	NA	1,724139405	0,358809564	0,37261506	-0,16531336	0,821849189	NA
8	0,005304646	0	NA	1,754278188	0,358863986	0,28361615	-0,15305624	0,775380252	NA
9	0,00531104	0	NA	1,749408869	0,345415438	0,23602090	-0,15784348	0,840210406	NA
10	0,006156539	0	NA	1,617348875	0,36912384	0,17437204	-0,13302815	1,008591242	NA
Auswertungsregel	max	max diff	min diff	min diff	min	max	max	min	max

N Cluster	Scott-Symons	SD Scat	SD Dis	S Dbw	Silhouette	Tau	Trace W	Trace WiB	Wemmert-Gancarski
2	-Inf	0,13555997	1,599675257	0,135559965	0,777207672	0,70308699	255,5063897	0	0,83792599
3	-Inf	0,11506324	6,115854363	NA	0,490691508	0,58745518	321,6082589	0	0,590273309
4	-Inf	0,12265968	9,542745444	NA	0,37901615	0,50446668	408,2039866	0	0,486496716
5	-Inf	0,14331304	11,05911229	0,143313037	0,344487794	0,44839597	528,2107175	0	0,453601248
6	-Inf	0,13243288	11,55013287	0,132432876	0,314253616	0,42740092	558,3645622	0	0,424116957
7	-Inf	0,14134340	13,29157408	0,141343397	0,292920687	0,40071901	660,9569719	0	0,407450691
8	-Inf	0,13891769	13,36689812	NA	0,302550683	0,39242091	674,6477801	0	0,41855294
9	-Inf	0,16554225	11,76486828	NA	0,260378097	0,38165807	783,7008434	0	0,396496561
10	-Inf	0,17860884	15,12771764	0,178608844	0,268945725	0,36288462	880,8965153	0	0,396733623
Auswertungsregel	min	min	???	min	max	max	max diff	max diff	max

N Cluster	Xie Beni								
2	18,01088242								
3	16,61301859								
4	23,53776009								
5	68,65758751								
6	60,72248307								
7	42,73760196								
8	47,76674713								
9	80,21994847								
10	47,30454297								
Auswertungsregel	min								

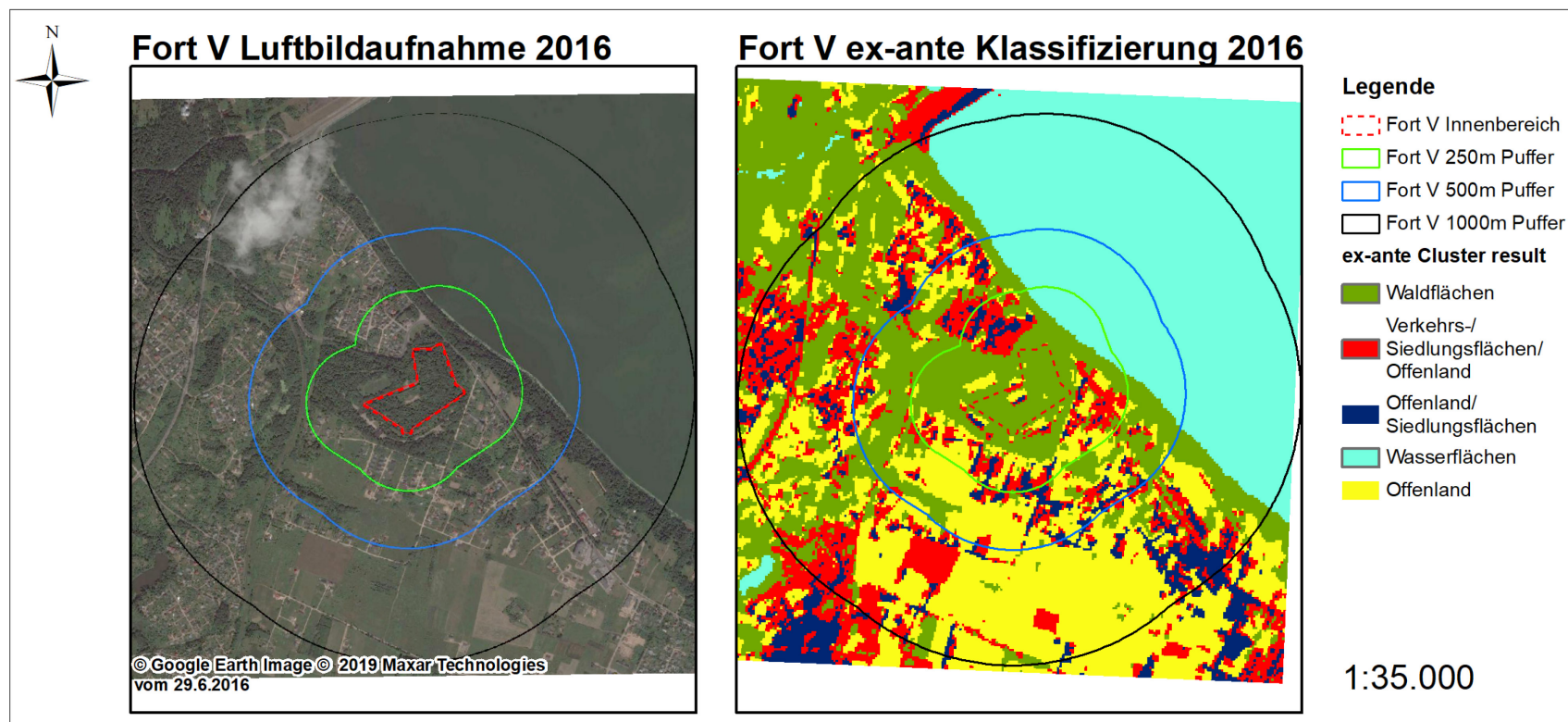


Abbildung E-28: Ergebnis der ex-ante Klassifizierung (rechts) am Standort Fort V Kaunas (LT) im Vergleich zum Google-earth Luftbild (links) mit verschiedenen Pufferbereichen um das Fort

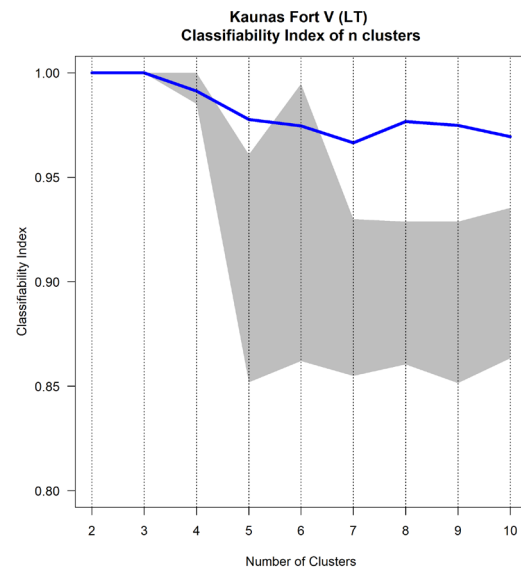


Abbildung E-29: Classifiability index des Standortes Fort V Kaunas (LT) nach dem ex-ante Klassifizierungsverfahren, optimale Clusteranzahl = 5

Fort Hahneberg (D)

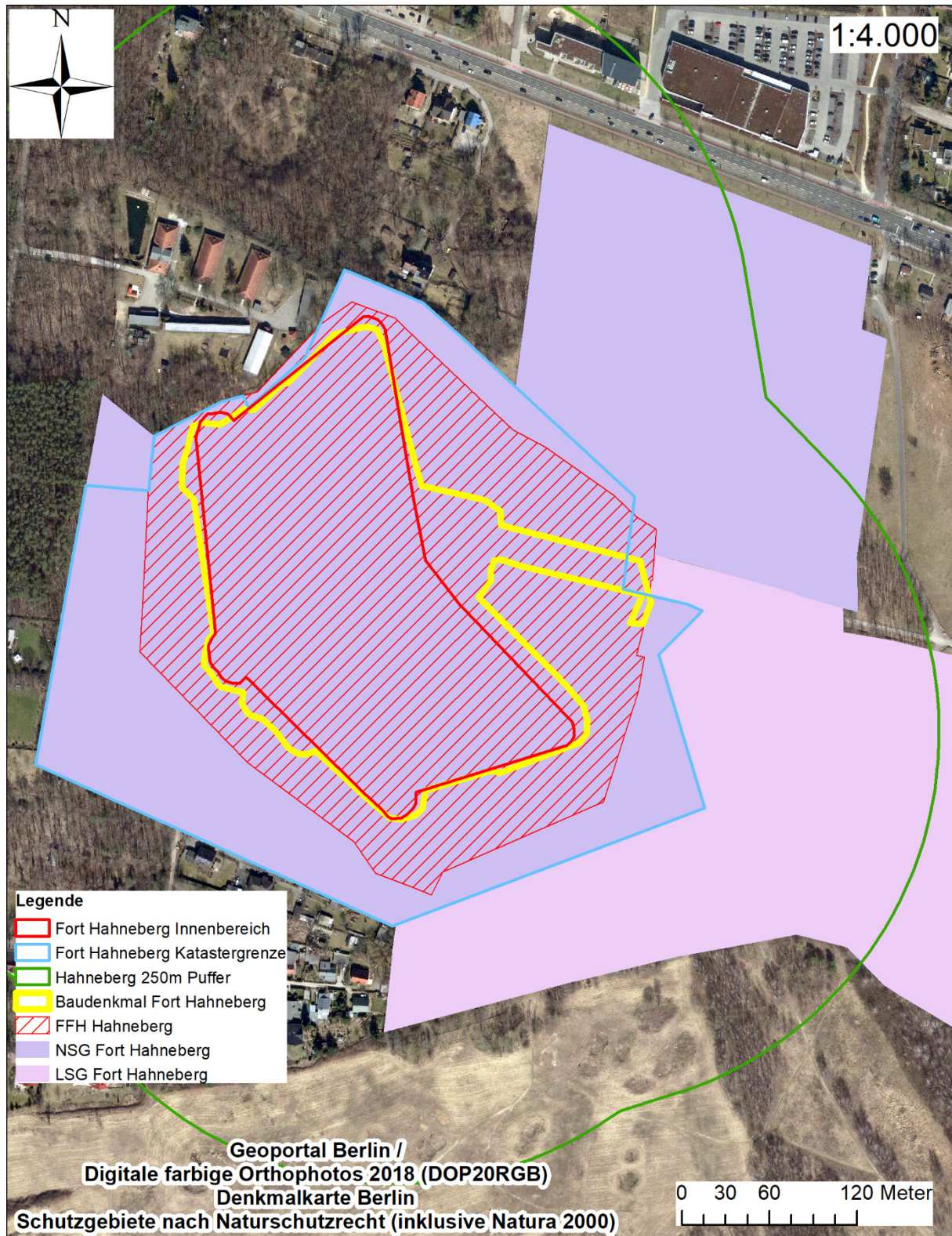


Abbildung F-1: Naturschutzflächen „Fort Hahneberg und Umgebung“ nach der Schutzgebietsverordnung von 2009 und Fläche des Baudenkmals Fort Hahneberg (D)

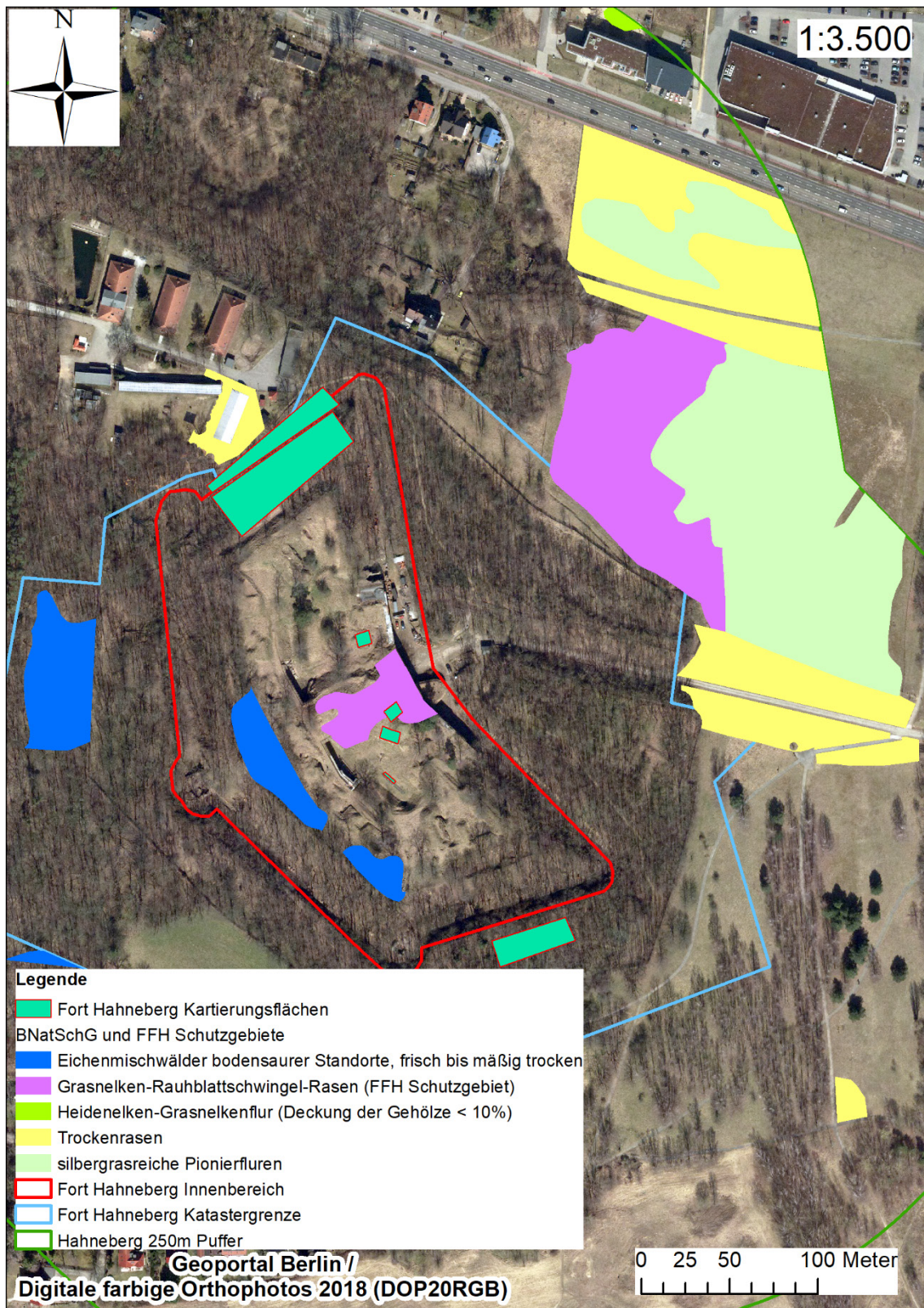


Abbildung F-2: BNatSchG und FFH Schutzgebietsflächen am Standort Fort Hahneberg (D) als Resultat der Biotopkartierung Berlin 2012 sowie Kartierflächen 2014/2018

Wrocław (PL)

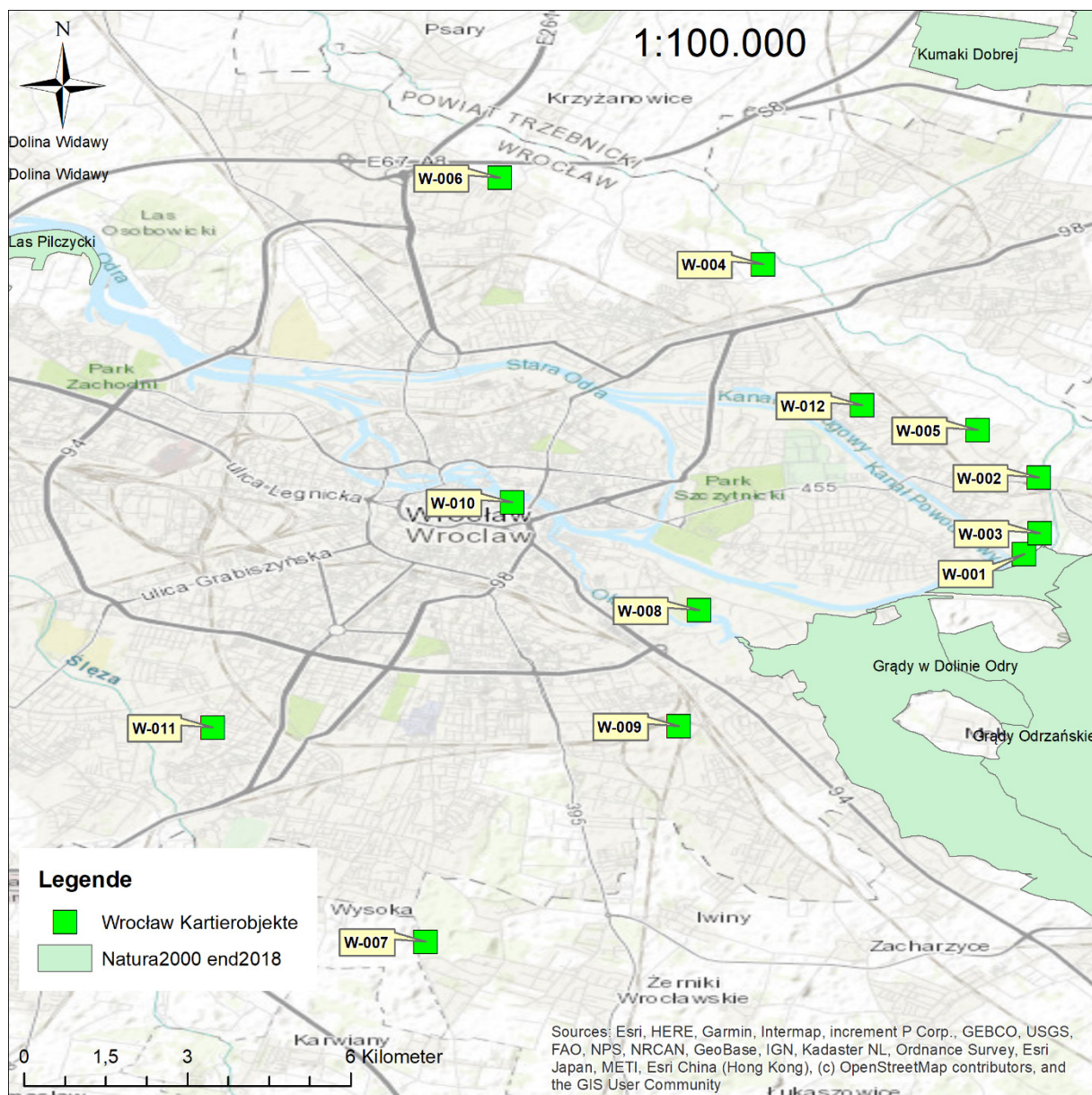


Abbildung F-3: Übersicht über NATURA2000 Gebiete (FFH und Vogelschutz) in der Umgebung von Wrocław nach EEA (2019)

Kaunas (LT)

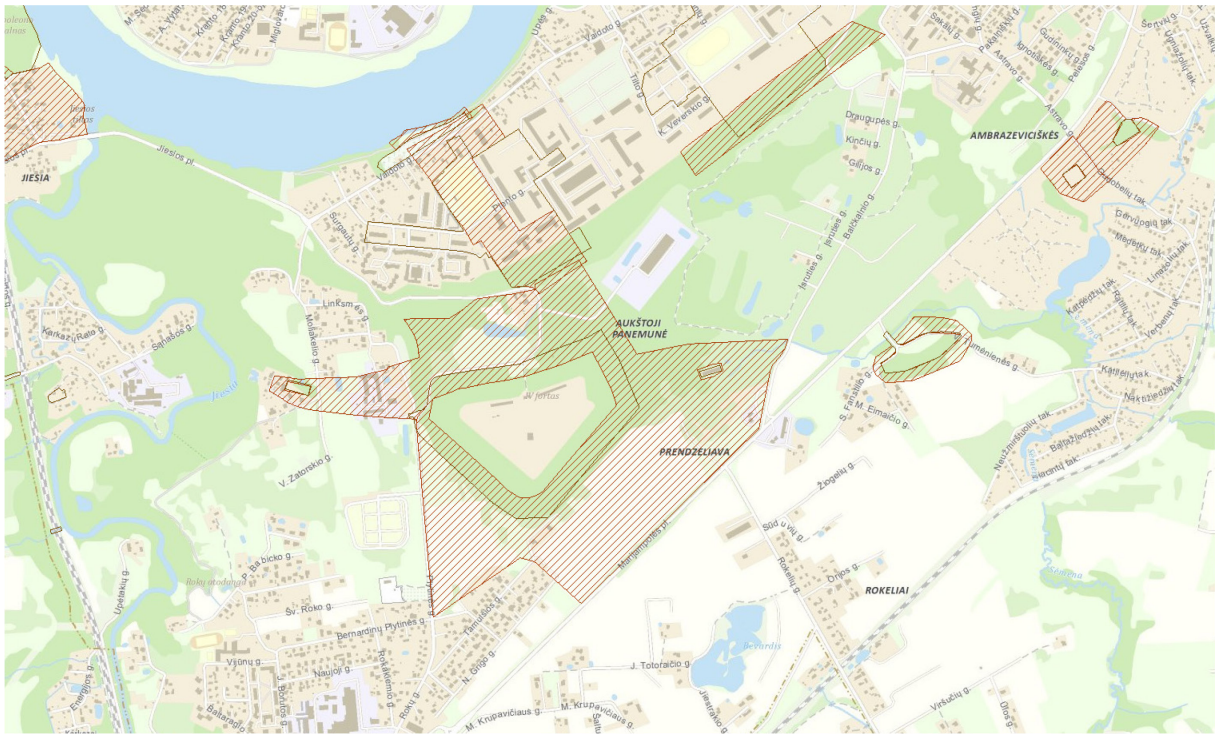


Abbildung F-4: Denkmalschutzzonen im Umfeld des Fort IV Kaunas (LT)

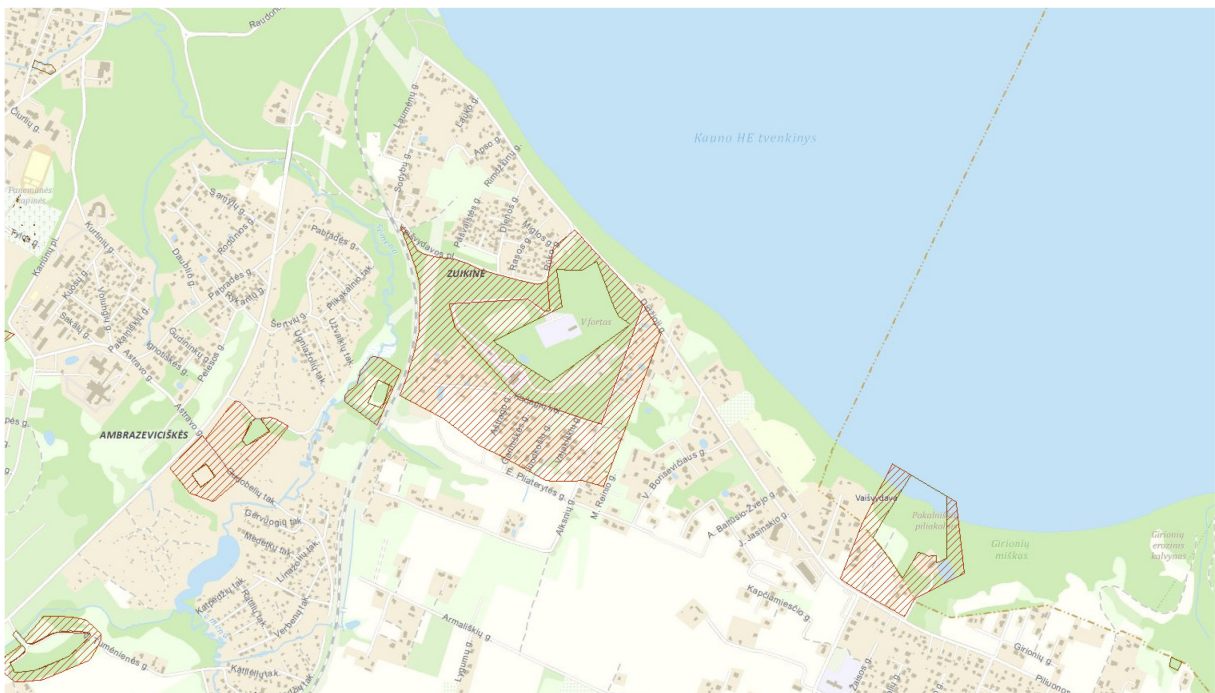


Abbildung F-5: Denkmalschutzzonen im Umfeld des Fort V Kaunas (LT)

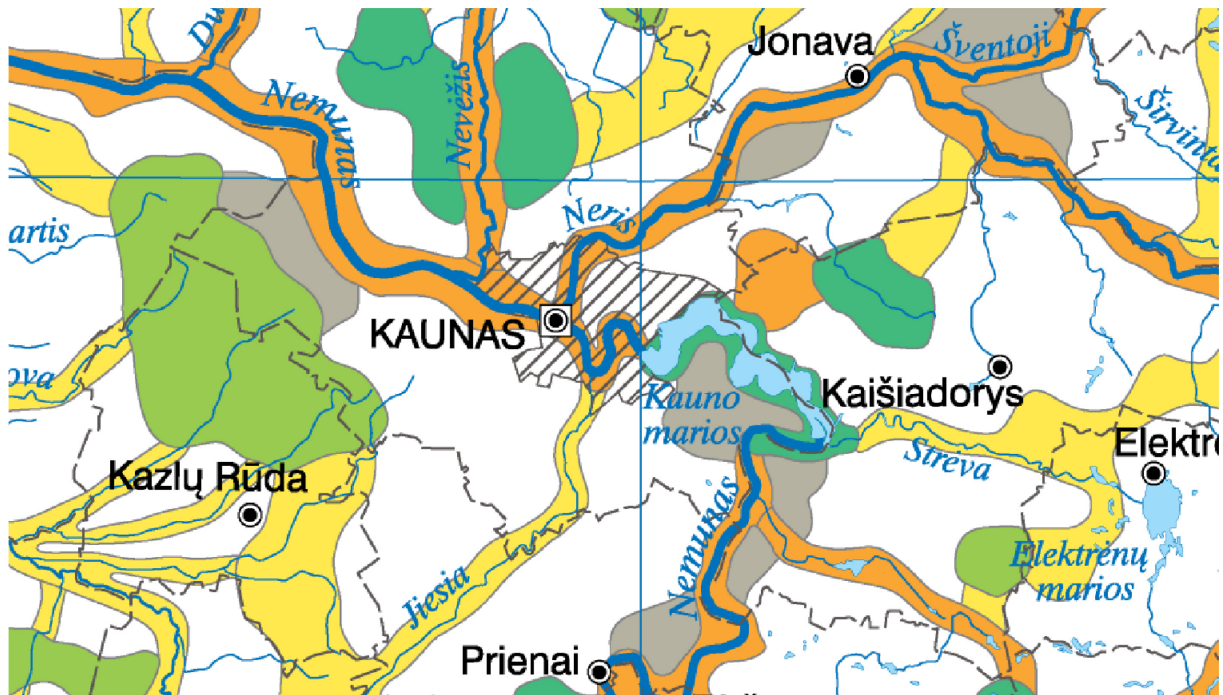


Abbildung F-6: Korridore der Biotopvernetzung in der Region um Kaunas(LT) (Nacionalinė žemės tarnyba prie Žemės ūkio ministerijos, 2013, WMS. Map of The National Atlas of Lithuania - Bioecological network)

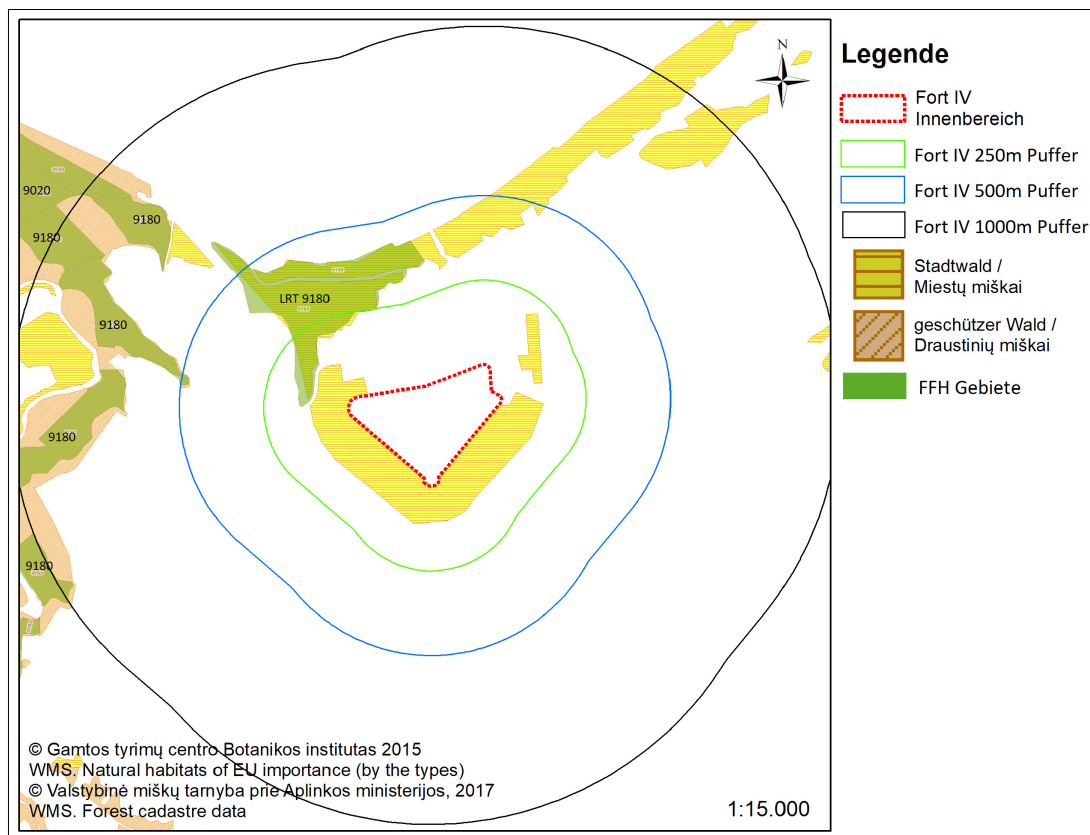


Abbildung F-7: Waldnutzungstypen und ausgewiesene FFH LRT Typen im Umfeld des Fort IV Kaunas (LT)

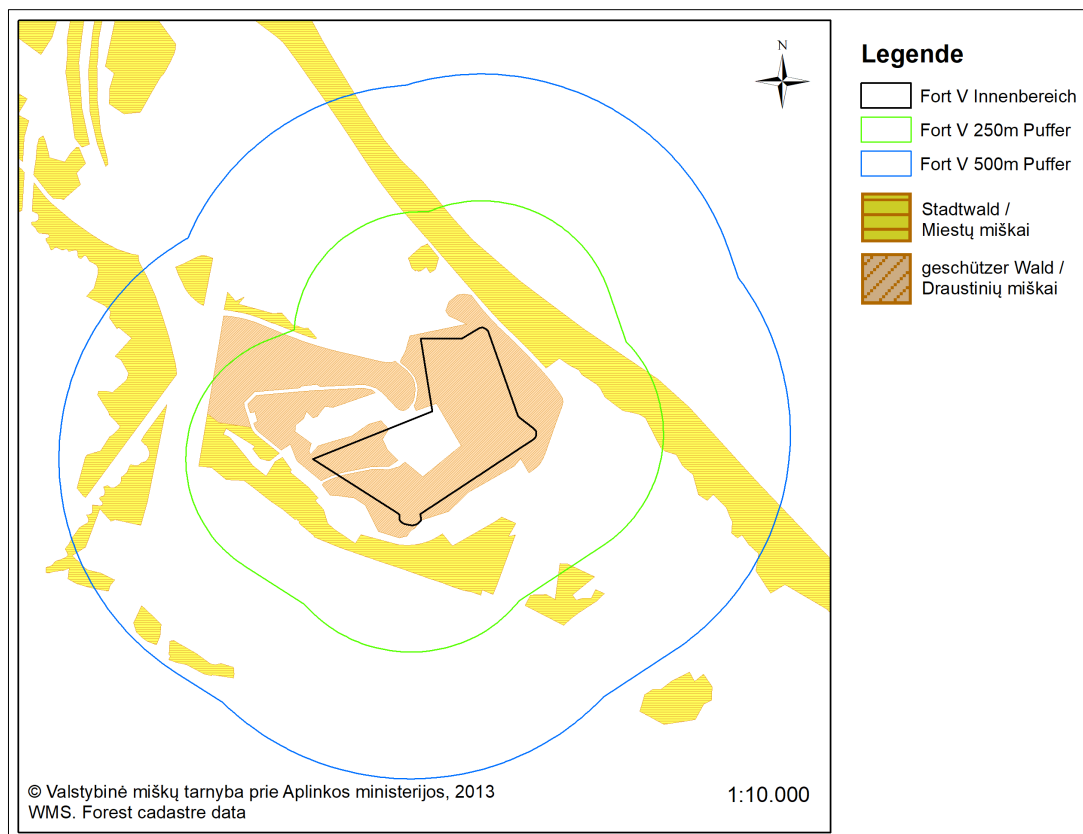


Abbildung F-8: Waldnutzungstypen im Umfeld des Fort V Kaunas (LT)



Abbildung F-9: Darstellung des FFH und SPA Gebietes am Standort Fort V Kaunas (LT), FFH Lebensraumtypen sowie der Einschränkungen der Waldnutzungen im Fort im Rahmen von NATURA2000

Fort Hahneberg (D)



Probefläche 4, März 2014, © Junghans, 2014



Anthyllis vulneraria auf Probefläche 4, Juli 2014, © Junghans, 2014



Probefläche 5, Juli 2014, © Junghans, 2014



Insektenfauna an *Jasione spec.* auf Probefläche 5, Juli 2014, © Junghans, 2014



Probefläche 10, Juli 2014, © Junghans, 2014



Reste des *Berteroëtum incanae* auf Probefläche 10, Juli 2014, © Junghans, 2014

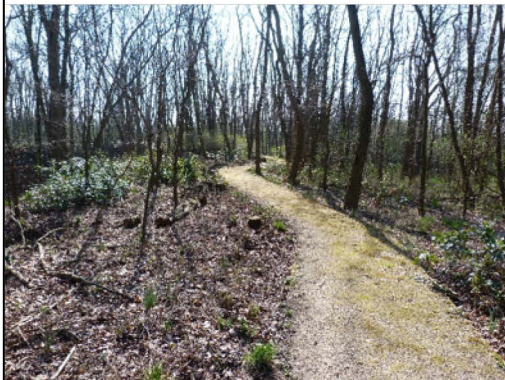
Abbildung G-1: Photographien der Kartierflächen am Standort Fort Hahneberg (D), Teil 1/2



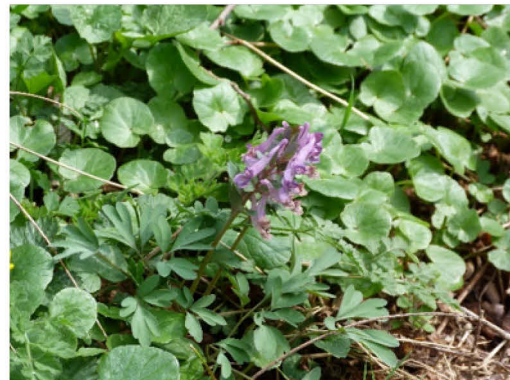
Probestfläche VJ2, April 2018, © Junghans, 2018



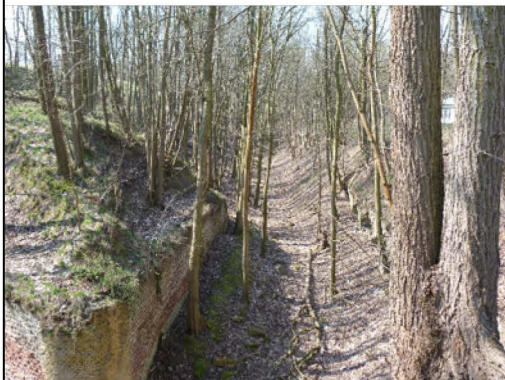
Saxifraga tridactylites auf Probestfläche VJ2, April 2018, © Junghans, 2018



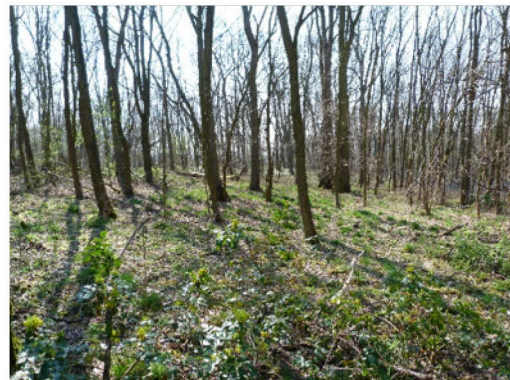
Probestfläche VJ1, April 2018, © Junghans, 2018



Corydalis cava auf Probestfläche VJ1, April 2018, © Junghans, 2018



Probestfläche 15, April 2018, © Junghans, 2018



Probestfläche 15a, April 2018, © Junghans, 2018

Abbildung G-2: Photographien der Kartierflächen am Standort Fort Hahneberg (D), Teil 2/2

Fort Sarbinowo (PL)



Probefläche S2, April 2018, © Junghans, 2018



Viola odorata auf Probefläche S2, April 2018, © Junghans, 2018



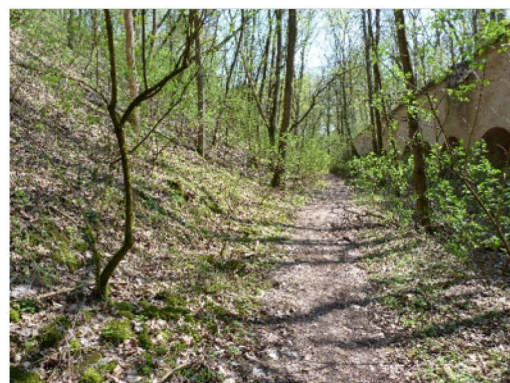
Probefläche 3.3, April 2018, © Junghans, 2018



Probefläche S6, April 2018, © Junghans, 2018



Probefläche S7, April 2018, © Junghans, 2018



Probefläche S9, April 2018, © Junghans, 2018

Abbildung G-3: Fotografien der Kartierflächen am Standort Fort Sarbinowo (PL)

Wroclaw (PL)

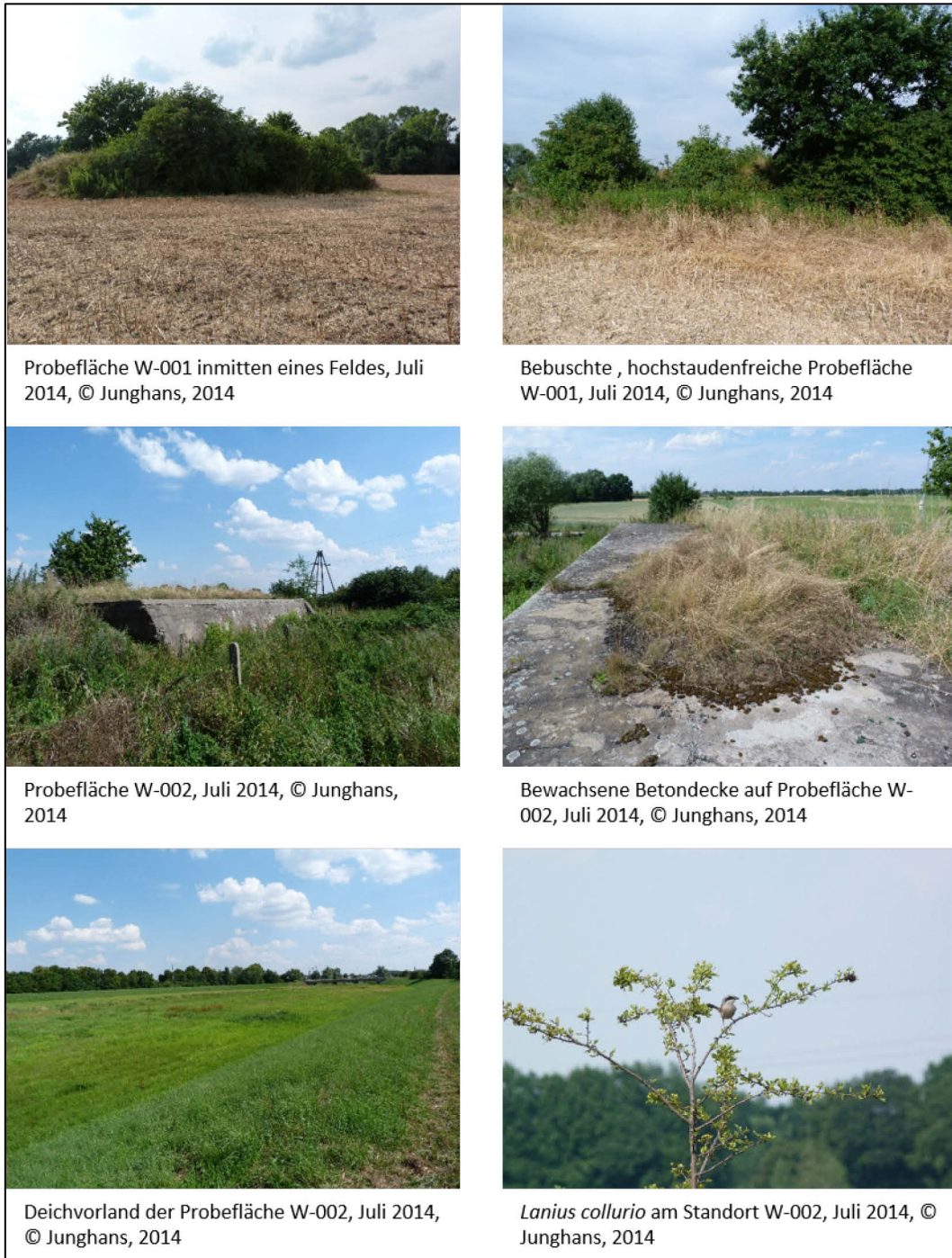


Abbildung G-4: Fotografien der Kartierflächen am Standort Wroclaw (PL), Teil 1/3



Probefläche W-004, Juli 2014, © Junghans, 2014



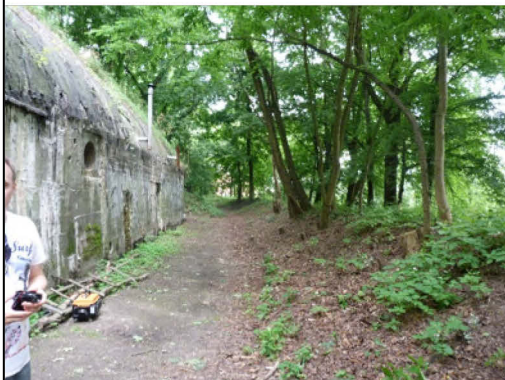
Acer spec. Verjüngungen in Probefläche W-004, Juli 2014, © Junghans, 2014



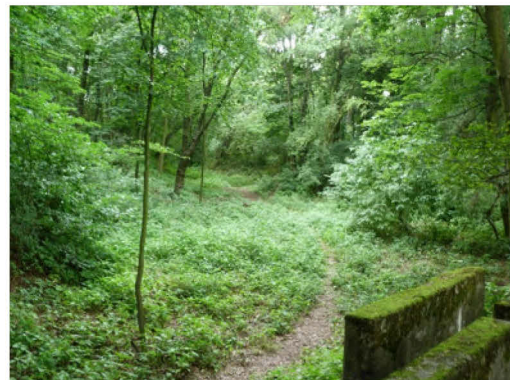
Probefläche W-005, Juli 2014, © Junghans, 2014



Bewachsene Betondecke auf Probefläche W-005, Juli 2014, © Junghans, 2014



Probefläche W-006, Juli 2014, © Junghans, 2014



Lichtung am Standort W-006, Juli 2014, © Junghans, 2014

Abbildung G-5: Fotografien der Kartierflächen am Standort Wrocław (PL), Teil 2/3



Probefläche W-009, Juli 2014, © Junghans, 2014



Probefläche W-009, Juli 2014, © Junghans, 2014



Gesprengtes Fort der Probefläche W-011, Juli 2014, © Junghans, 2014



Acer spec. Verjüngungen auf Probefläche W-011, Juli 2014, © Junghans, 2014



Probefläche W-012, Juli 2014, © Junghans, 2014



Lichtung am Standort W-012, Juli 2014, © Junghans, 2014

Abbildung G-6: Fotografien der Kartierflächen am Standort Wrocław (PL), Teil 3/3

Kaunas (LT)



Abbildung G-7: Fotografien der Kartierflächen am Standort Kaunas (LT), Teil 1/4



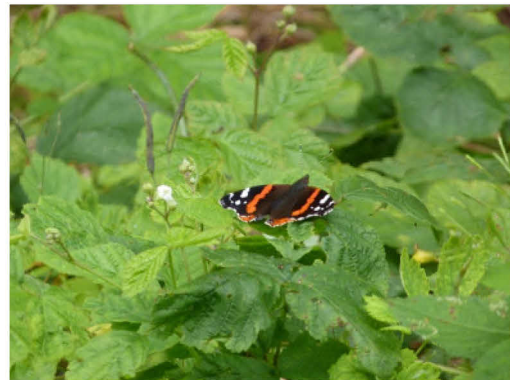
Kartierfläche 004b, Fort V, August 2016, © Junghans, 2016



Kartierfläche 004c, Fort V, August 2016, © Junghans, 2016



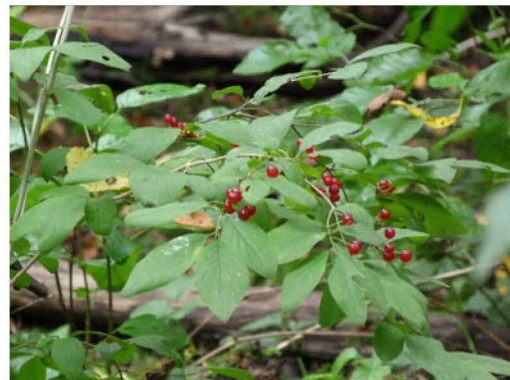
Blick auf Kartierflächen 002d und 003b, Fort V, August 2016, © Junghans, 2016



Vanessa atalanta, Kartierfläche 002d, Fort V, August 2016, © Junghans, 2016



Kartierfläche 002e, Fort V, August 2016, © Junghans, 2016



Lonicera xylosteum auf Kartierfläche 001d, Fort V, August 2016, © Junghans, 2016

Abbildung G-8: Fotografien der Kartierflächen am Standort Kaunas (LT), Teil 2/4



Kartierfläche 001l, Fort V, August 2016, © Junghans, 2016



Lysimachia nummularia, Kartierfläche 001l, Fort V, August 2016, © Junghans, 2016



Blick auf Kartierflächen 001o, Fort V, August 2016, © Junghans, 2016



Totholz auf Kartierfläche 001o, Fort V, August 2016, © Junghans, 2016

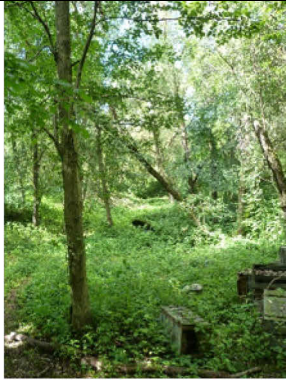


Kartierfläche 010a-c, Fort V, August 2016, © Junghans, 2016

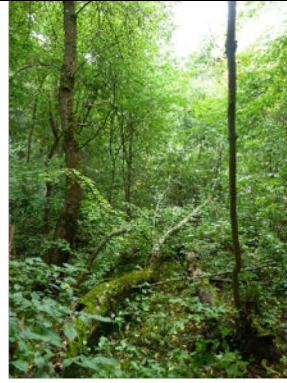


Sympetrum flaveolum, Kartierfläche 010a-c, Fort V, August 2016, © Junghans, 2016

Abbildung G-9: Fotografien der Kartierflächen am Standort Kaunas (LT), Teil 3/4



Kartierfläche 4d, Fort V, August 2016, © Junghans, 2016



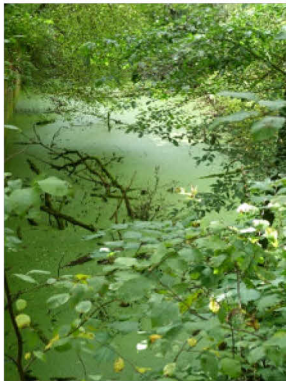
Übergang über linken Flankengraben, nicht kartiert, Fort V, August 2016, © Junghans, 2016



Kartierfläche 1f, Fort V, August 2016, © Junghans, 2016



Kartierfläche 1f, Fort V, August 2016, © Junghans, 2016



Nasser Graben, nicht kartiert, Fort V, August 2016, © Junghans, 2016



Feuchter Grabenbereich, nicht kartiert, Fort V, August 2016, © Junghans, 2016

Abbildung G-10: Fotografien der Kartierflächen am Standort Kaunas (LT), Teil 4/4

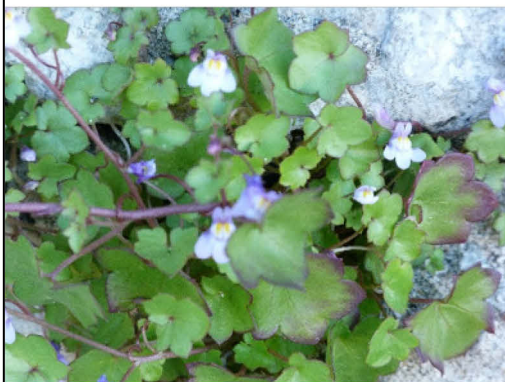
Cascais (PT)



Crithmum maritimum, Festung Cascais, April 2014, © Junghans, 2014



Parietaria officinalis, Festung Cascais, April 2014, © Junghans, 2014



Cymbalaria muralis, Festung Cascais, April 2014, © Junghans, 2014



Ficus spec., Festung Cascais, April 2014, © Junghans, 2014



Podarcis muralis, Festung Cascais, April 2014 © Junghans, 2014



Erigeron karvinskianus, Festung Cascais, April 2014, © Junghans, 2014

Abbildung G-11: Fotografien der Kartierflächen am Standort Cascais (PT)

Falmouth (GB)



Pendennis Castle, Falmouth, April 2014, © Junghans, 2014



Anacamptis morio, Falmouth, April 2014, © Junghans, 2014



Natursteinmauern Pendennis Castle, Mai 2014, © Junghans, 2014



Umbilicus rupestris in der Natursteinmauer, Falmouth, Mai 2014, © Junghans, 2014



Hyacinthoides non-scripta Wiesenbestand, Falmouth, Mai 2014 © Junghans, 2014



Armeria maritima ssp. *maritima*, Klippen von Falmouth, Mai 2014, © Junghans, 2014

Abbildung G-12: Fotografien der Kartierflächen am Standort Falmouth (GB)

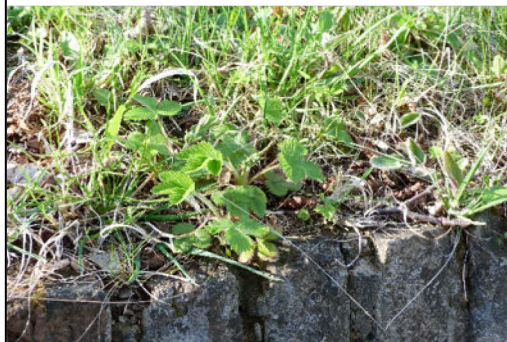
Josefov (CZ)



Ravelin der Bastion 1, Festung Josefov (Kartierfläche 001), März 2014, © Junghans, 2014



Ajuga reptans, außerhalb Kartierfläche 001, Josefov, April 2014, © Junghans, 2014



Fragaria vesca an Mauerkrone, April 2014, © Junghans, 2014



Anemone ranunculoides (?), Josefov, April 2014, © Junghans, 2014



Wiesenfläche auf Bastion 1, (Kartierfläche 005) Josefov, April 2014, © Junghans, 2014



Primula veris, Josefov, April 2014, © Junghans, 2014

Abbildung G-13: Photographien der Kartierflächen am Standort Josefov (CZ)

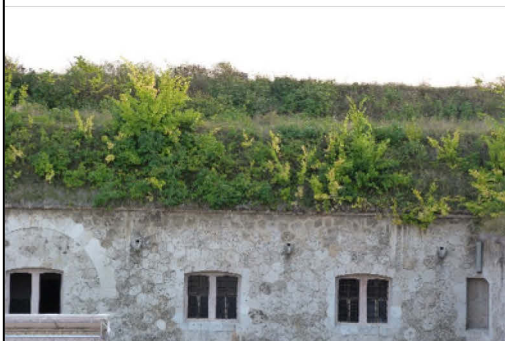
Komárom (HU)



Innenhof Fort Monostor, Komárom ,
September 2013, © Junghans, 2013



Luftbild Fort Monostor, Komárom , Februar 2019
Image © 2020 Maxar Technologies



Vegetation auf Kaserne des Fort Monostor,
Komárom , September 2013, © Junghans, 2013



Vegetation auf Kaserne des Fort Monostor,
Komárom , September 2013, © Junghans, 2013



Grabenbereich Fort Monostor, Komárom ,
September 2013, © Junghans, 2013



Grabenbereich Fort Monostor, Komárom ,
September 2013, © Junghans, 2013

Abbildung G-14: Fotografien der Kartierflächen am Standort Komárom (HU)

Peniche (PT)



Festung Peniche, April 2014, © Junghans, 2014



Crithmum maritimum, Peniche, April 2014, © Junghans, 2014



Festung Peniche, April 2014, © Junghans, 2014



Erodium ciconium vor *Lotus corniculatus*, Peniche, April 2014, © Junghans, 2014



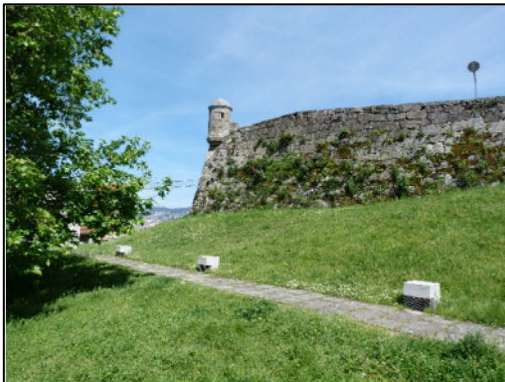
Aloe maculata, Festung Peniche, April 2014 © Junghans, 2014



Sympetrum spec (???), Peniche, April 2014, © Junghans, 2014

Abbildung G-15: Fotografien der Kartierflächen am Standort Peniche (PT)

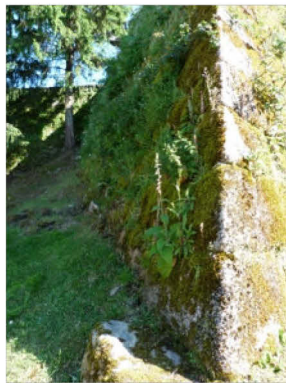
Vigo (ES)



Zitadelle Vigo, Mai 2014, © Junghans, 2014



Centhrantus ruber Bestand, Mai 2014, © Junghans, 2014



Zitadelle Vigo, Mai 2014, © Junghans, 2014



Umbellicus rupestris, Zitadelle Vigo, Mai 2014, © Junghans, 2014



Mauerkrone, Zitadelle Vigo, Mai 2014 © Junghans, 2014



Timon lepidus, Zitadelle Vigo, Mai 2014, © Junghans, 2014

Abbildung G-16: Fotografien der Kartierflächen am Standort Vigo (ES)